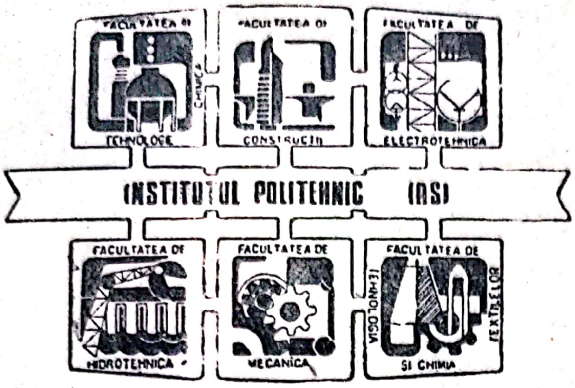
INSTITUTUL POLITEHNIC IAȘI
FACULTATEA DE MECANICĂ



Prof. dr. ing. Constantin Ciochină
Conf. dr. ing. Ion Mălureanu

TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Volumul I

Pentru Facultatea de mecanică

Pentru uzul studenților
Iași — 1983

Scanned with OKEN Scanner

I N S T I T U T U L P O L I T E H N I C I A S I
FACULTATEA DE MECANICA

Prof.dr.ing. CONSTANTIN CIOCHINA
Conf.dr.ing. ION MALUREANU

T E H N O L O G I A M A T E R I A L E L O R

Volumul I
Pentru Facultatea de mecanică

- UZ INTERN -
I A S I
1983

Scanned with OKEN Scanner

INTRODUCERE

Folosirea raţională a metalului, sarcină trasată continuu de către directivele de partid şi de stat, presupune cunoştinţe bogate despre natura internă a acestuia, despre procedeele de prelucrare mecanică şi termică prin care se obţine forma primară a pieselor sau prin care se ridică valoarea caracteristicilor metalului, făcîndu-l apt la cele mai variate întrebuinţări.

Prezentul curs de "Tehnologia materialelor" are scopul de a fi instrumentul prin care studenţii să-şi însuşească cunoştinţele fundamentale despre cunoaşterea, prelucrarea şi utilizarea materialelor metalice.

Astfel, sînt tratate problemele legate de: - obiectul cursului şi probleme generale ale procesului de producţie; - metalurgia generală; - proprietăţile şi încercările materialelor metalice; - elaborarea materialelor metalice feroase şi neferoase; - prelucrarea materialelor metalice prin turnare; - prelucrarea materialelor metalice prin deformare plastică, sudare, alte metode de prelucrare.

Problemele sînt tratate ţinîndu-se seama de stadiul actual de dezvoltare a ştiinţei şi tehnicii. In acest sens, noţiunile legate de cunoaşterea structurii metalelor şi a modificărilor ce intervin în structură în urma prelucrărilor mecanice şi termice noţiunile legate de diversele aliaje feroase şi neferoase sînt prezentate în lumina ultimelor cuceriri în domeniu şi în raport cu standardizarea curentă la noi; în cadrul fiecărei metode şi procedeu de prelucrare se prezintă bazele teoretice, specificul operaţiei tehnologice şi noţiunile legate de utilajele de lucru necesare.

Cursul se adresează studenţilor de la secţiile de ingineri de la facultăţile ce pregătesc specialişti pentru industria construcţiilor de maşini,- sau alţi studenţi ce urmează un curs de acest fel.

Scanned with OKEN Scanner

Partea I-a

NOTIUNI INTRODUCTIVE. PROPRIETATILE SI INCERCARILE MATERIALELOR METALICE

Cap.1. OBIECTUL CURSULUI - DEFINITII

In sferă activităţii economice, ştiinţa care ne învaţă a realiza produse concrete se numeşte "tehnologie", termen compus din două cuvinte din limba greacă şi care se poate traduce ca "ştiinţa tehnicii".

O ştiinţă avansată a tehnicii se bazează pe cunoaşterea materiilor prime şi a metodelor de prelucrare a acestora în produse necesare în toate domeniile de activitate umană. Cunoaşterea materialelor, a metodelor de obţinere şi prelucrare a acestora constituie ramura de ştiinţă denumită tehnologie. Aceasta este întregită astăzi şi cu aspectele legate de întreţinerea şi repararea produselor, tehnologia constituind o ramură de ştiinţă de bază a industriei, cunoştinţele de tehnologie fiind indispensabile inginerilor specialişti din domeniu.

Tehnologia este o ştiinţă tehnică aplicativă, deoarece foloseşte un scop practic nemijlocit. Pe parcursul evoluţiei sale s-a transformat treptat din empirică şi descriptivă în ştiinţifică, utilizînd legile fizicii şi chimiei, legile unui număr mare de ştiinţe tehnice cît şi legile proprii.

Odată cu dezvoltarea civilizaţiei tehnologia îşi măreşte treptat sfera de activitate în cele mai variate sectoare economice, devenind ştiinţa fundamentală care sprijină această dezvoltare.

Prin continuul progres al aspectelor tehnologice s-a născut necesitatea împărţirii acesteia pe domenii de activitate, pe ramuri industriale, pe baza unor diverse criterii:

1. După natura transformărilor suferite de material în timpul procesului de fabricare; deosebim:

a - tehnologie fizică;
b - tehnologie fizico-chimică;
c - tehnologie chimică

sau

a - <u>tehnologie mecanică</u> - avînd ca obiect studiul pro-

vreme de maşini şi utilaje pentru economia naţională, la ora actuală graţie avîntului economic al ţării, dezvoltat pe baza tezelor Partidului Comunist Român, în cadrul unei economii planificate şi proporţional dezvoltate, ne putem mîndri cu centre şi unităţi industriale bine apreciate atît pe plan naţional cît şi pe plan mondial.

Din noianul de fabrici şi uzine, nou construite sau reconstruite care îmbracă tot teritoriul ţării, se pot aminti ca unităţi de primă mărime: Combinatul siderurgic Galaţi, combinatul de oţeluri aliate Tîrgovişte, Combinatul siderurgic Reşiţa, Combinatul siderurgic Hunedoara, Combinatul de aluminiu Slatina, Combinatul de utilaj greu Iaşi, Intreprinderea de maşini-unelte Bucureşti, Arad, Oradea, Bacău, Iaşi etc., întreprinderile 23 August, Metalurgica şi Republica - Bucureşti şi multe altele. Maşinile şi utilajele cu marca "Fabricat în RSR" se exportă astăzi în toate continentele.

In contextul acestei evoluţii, cu o industrie ascendentă, se cere cum e şi firesc un personal tehnic de înaltă calificare teoretică şi practică. Pe această linie, cursul de Tehnologia materialelor are drept scop să puie la dispoziţia studenţilor cunoştinţele tehnice, tehnologice de bază legate de materialele metalice şi prelucrarea lor, conţinutul cursului fiind axat în următoarele direcţii:

- Studiul materialelor matelice (proprietăţi, metode de încercare);
- Elaborarea aliajelor feroase şi neferoase prin metode primare şi secundare (tehnologii, instalaţii, utilaje, produse);
- Cunoaşterea metodelor moderne de fabricaţie a semifabricatelor metalice prin turnare, deformare plastică, sudare, procedee speciale (tehnologii, instalaţii, utilaje, aliaje, produse);
- Familiarizarea cu standardele de stat privind materialele, mărcile, destinaţia lor (terminologie, condiţii de fabricaţie şi control etc).

Indiferent de locul de muncă a specialistului cu profil mecanic, ca proiectant de maşini şi aparate, ca proiectant de procese tehnologice sau conducători de procese tehnologice şi de producţie, el are nevoie de cunoştinţe generale fundamentale temeinice asupra materialelor cu care se lucrează şi ce posibilităţi tehnologice de transformare în produse oferă; la aceste cunoştinţe fundamentale care formează temelia de granit a profesiei de inginer, va trebui continuu adăugat, în mod creator bagajul nou

Scanned with OKEN Scanner

de cunoştinţe ce apar în decursul exercitării profesiei ca urmare a dezvoltării ştiinţei şi tehnicii. Numai ţinînd permanent pasul cu noul, specialistul se poate realiza şi poate avea satisfacţie în profesiunea aleasă.

Cap.2. NOTIUNI LEGATE DE PROCESUL DE PRODUCTIE

Aplicarea practică a tehnologiei, sub aspect tehnic şi economic, în scopul producerii de bunuri materiale, necesare în diverse domenii de activitate umană, formează "industria". Aceasta se poate diviza pe ramuri, după natura fabricaţiei, luîndu-se în considerare diverse criterii. Astfel, luînd în considerare specificul fabricaţiei, deosebim:

- Industria metalurgică - care are ca obiect prelucrarea minereurilor în vederea extragerii metalelor şi transformarea acestora în semifabricate;
- Industria grea - care se ocupă cu fabricarea de maşini, utilaje, instalaţii (mijloace de producţie) pentru toate ramurile industriale;
- Industria uşoară - care fabrică produse de larg consum etc.

Bunurile materiale, obţinute sau create în urma unor procese de muncă, se numesc produse şi reprezintă rezultatul unui proces de producţie anterior desfăşurat.

Procesul de producţie (sau fabricaţie) este un proces tehnico-economic complex, care cuprinde totalitatea procedeelor şi activităţilor desfăşurate într-o întreprindere pentru realizarea produselor finite ale întreprinderii respective.

Prin produs finit se înţelege fabricatul final al unei întreprinderi. El poate fi un semifabricat, o maşină, un ansamblu sau o piesă, în funcţie de obiectul producţiei.

Procesul de producţie se realizează în diferite secţii şi ateliere ale întreprinderii. Atelierele se împart în ateliere productivs (care participă direct la realizarea producţiei) şi ateliere auxiliare (care deservesc pe primele).

Atelierele productive în industria construcţiilor de maşini, se împart în: ateliere pregătitoare sau de semifabricate (ex. de turnătorie, forjă, presare etc), ateliere prelucrătoare (ex. mecanice, de tratament termic etc), ateliere de asamblare.

In categoria atelierelor auxiliare se situează de exemplu: atelierul de modelărie, de sculărie, atelierul mecanicului şef.

Scanned with OKEN Scanner

Procesul de producţie se desfăşoară în mod caracteristic diferitelor tipuri de întreprinderi (industriale, de construcţii, agricole) şi are ca rezultat fie obţinerea de bunuri materiale naturale (minerale, vegetale, animale), fie crearea de bunuri materiale fabricate (mijloace de producţie sau obiecte de consum).

Procesul de producţie cuprinde <u>procese principale</u> (ex. executarea semifabricatelor, modificarea proprietăţilor fizico-mecanice ale pieselor, prelucrarea mecanică, montajul, încercarea fabricatelor finite) şi <u>procese auxiliare</u> (ex. executarea şi ascuţirea sculelor, repararea maşinilor, transportul etc) care asigură executarea celor dintîi.

După obiectul asupra căruia se exercită, procesele de producţie pot cuprinde:

- <u>procese de bază</u> care realizează fabricarea sau repararea produselor prin procesele tehnologice de lucru şi de control;
- <u>procese de pregătire a producţiei</u> - care asigură posibilitatea desfăşurării în condiţii cît mai bune a proceselor de bază şi anexe;
- <u>procese anexe</u> - care reprezintă o completare a celor de bază, asigurînd prelucrarea şi valorificarea deşeurilor;
- <u>livrarea produselor</u> - către beneficiar.

Desigur că orice proces component, cît şi procesul de producţie în ansamblu, necesită pentru o bună desfăşurare <u>activităţi de conducere</u> corespunzătoare.

In figura 2.1 se dă ca exemplu structura procesului de producţie a maşinilor şi aparatelor, pe grupe de activităţi sau procese:

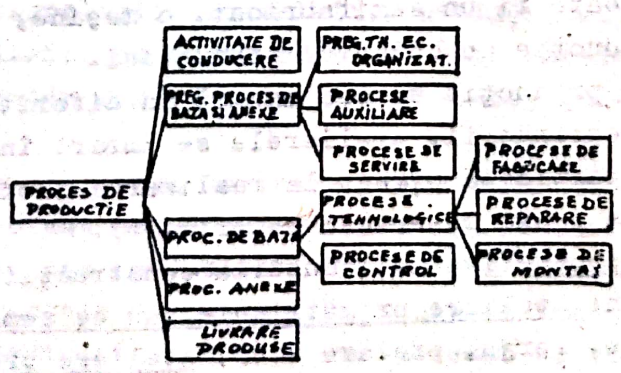


Fig.2.1. Structura procesului de producţie

In cadrul proceselor de producţie industrială, realizarea produselor se face în urma desfăşurării procesului tehnologic de lucru.

Procesul tehnologic - constituie o parte a procesului de producţie prin care se înţelege suma operaţiilor de modificare şi transformare a substanţei (materia primă sau semifabricat) în scopul obţinerii produsului în concordanţă cu condiţiile tehnice prescrise.

După cum produsul obţinut este nou (fabricat) sau recondiţionat, procesul tehnologic de lucru poate fi de fabricare sau de reparare.

După specificul transformărilor şi modificărilor ce le produc, procesele tehnologice capătă diverse denumiri. Ca exemple se pot cita:

- Proces tehnologic de elaborare - este legat nemijlocit de extragerea de metale sau aliaje industriale brute (cu impurităţi) din minereuri - elaborare primară - sau pentru a se obţine materiale metale tehnice (cu puţine impurităţi, în limite strînse) - elaborare secundară.

- Proces tehnologic de prelucrare mecanică - este o parte a procesului de producţie (fabricare) legat nemijlocit de schimbările formei geometrice, a dimensiunilor, a calităţii suprafeţei ce le suportă semifabricatul pînă la obţinerea piesei finite.

- Proces tehnologic tratament termic - este o parte a procesului de producţie, legat nemijlocit de modificarea structurii materialului în scopul schimbării caracteristicilor fizico-mecanice ale acestuia.

- Proces tehnologic de montaj - este o parte a procesului de producţie, legat nemijlocit de asamblarea produsului.

Procesele tehnologice se realizează prin aplicarea diferitelor metode şi procedee de lucru.

Metoda de lucru (tehnologică) - reprezintă un mod sistematic şi principial de executare a unei operaţii, a unei serii de operaţii dintr-un proces tehnologic sau a unor procese tehnologice, comun dintr-un punct de vedere esenţial (ex. natură a fenomenelor, natură a rezultatelor etc), pentru mai multe categorii de procedee tehnologice.

Procedeul de lucru (tehnologic) - se referă la mijloacele prin care se realizează o metodă de lucru, adică diferă în funcţie de utilajul tehnologic, modul de lucru etc.

Procesele tehnologice au un caracter complex, ele fiind formate din: operaţii, aşezări, poziţii, faze, treceri, mînuiri şi mişcări, definirea fiecăruia fiind în funcţie de natura procesului tehnologic din care face parte. La unele procese tehnologice pot lipsi unele din subdiviziunile enumerate. Operaţia constituie unitatea de bază la proiectarea procesului tehnologic.

Producţia industrială, în funcţie de volumul ce se realizează, se împarte în mai multe categorii:

Producţie individuală, de unicate sau cu bucata - cînd produsul se fabrică într-un singur exemplar sau într-un număr redus de exemplare; la acest gen de producţie, în majoritatea locurilor de muncă, nu există o succesiune anumită în prelucrarea pieselor şi o repetare a lor sau se repetă la intervale neregulate. Fabricatele se execută după comenzi individuale. Sortimentul este foarte variat. In această categorie intră de exemplu, producţia maşinilor foarte mari, a navelor, a prototipurilor etc.

Producţie de serie - cînd produsul se fabrică în loturi (cantitatea de produse de acelaşi fel care intră odată în lucru la un loc de muncă); la majoritatea locurilor de muncă se execută operaţii tehnologice într-o anumită succesiune bine determinată. Fabricatele se execută după comenzi ce se repetă la intervale de timp determinate. Producţia de serie se întîlneşte la fabricarea maşinilor-unelte, a pompelor, a maşinilor agricole, a aparatelor electrice etc.

Se deosebesc producţie în serie mică, în serie mijlocie şi în serie mare, diferenţa între ele fiind destul de rapidă. Producţia în serie mică prezintă caracteristici apropiate de producţia individuală; sortimentul fabricaţiei este mai variat, numărul de piese dintr-o serie este relativ mic, iar succesiunea în care se repetă operaţiile la locurile de muncă nu se respectă riguros. In cazul producţiei de serie mijlocie şi mare sortimentul fabricaţiei este mai restrîns, numărul pieselor dintr-o serie este mai mare şi se repetă succesiunea operaţiilor la diferitele locuri de muncă, caracterul producţiei apropiindu-se de producţia de masă.

Producţia de masă - cînd în marea majoritate a locurilor de muncă se execută totdeauna aceleaşi operaţii tehnologice, presupunînd un foarte mare număr de piese de acelaşi fel. Sortimentul fabricaţiei este restrîns şi rămîne continuu acelaşi o lungă perioadă de timp. Fabricarea pieselor se schimbă rar, în mod riguros

planificat. Producţia de masă se caracterizează prin continuitate şi printr-un ritm determinat.

Prin ritm de producţie - se înţelege intervalul de timp cheltuit în procesul de producţie pentru executarea unui fabricat sau produs.

Producţia de masă se întîlneşte la fabricarea autoturismelor, rulmenţilor, cuilor, televizoarelor etc.

După metoda de organizare a producţiei se disting două tipuri:

Producţia fără flux - cînd piesele se fabrică pe loturi pentru fiecare operaţie tehnologică.

Producţia în flux - cînd operaţiile tehnologice de prelucrare sau asamblare sînt realizate pe anumite locuri de muncă, amplasate în ordinea amplasării operaţiilor, prevăzută în planul de execuţie, trecînd succesiv de la un loc de muncă la altul, prin intermediul unor instalaţii de transport. Producţia în flux se aplică, deobicei, la producţia de masă sau de serie mare, cu respectarea unui ritm determinat al producţiei.

Caracterul producţiei nu determină totdeauna metoda de organizare a producţiei.

Organizarea producţiei şi tehnologia folosită în fabricaţie, sînt strîns legate între ele.

Tehnologia cea mai avansată se întîlneşte la producţia de masă.

* Cap.3. PROPRIETATILE MATERIALELOR METALICE

Cunoaşterea cît mai precisă a caracteristicilor de rezistenţă şi tehnologice ale metalelor şi aliajelor stă la baza proiectării şi executării pieselor metalice de maşini. Utilizarea diferitelor metale şi aliaje în industria constructoare de maşini, în industria chimică, electrotehnică şi electronică etc., se sprijină nemijlocit pe valorile proprietăţilor materialelor metalice, determinate prin încercări industriale standardizate, încercări care pot fi de laborator sau uzinale (de atelier).

Proprietăţile materialului utilizat influenţează în mod determinant calculul de rezistenţă şi procesul tehnologic de prelucrare precum şi indicaţiile de garanţie în funcţionare ale organului de maşină proiectat.

Proprietăţile metalelor şi aliajelor se pot grupa în patru categorii:

- proprietăţi fizice; - proprietăţi mecanice;
- proprietăţi chimice; - proprietăţi tehnologice.

3.1. Proprietăţi fizice

Dintre proprietăţile fizice ale materialelor metalice se pot prezenta cele mai importante:

× Greutatea specifică - definită ca fiind greutatea unităţii de volum în N/m^3;

× Densitatea - masa unităţii de volum, în kg/dm^3 sau g/cm^3.

Din tabelul 3.1 se vede că cel mai greu se vede că cel mai greu este iridiu (Ir) cu 22,5 g/cm^3 iar cel mai uşor metal este litiul (Li) cu 0,534 g/cm^3.

× Temperatura de topire este temperatura la care un metal pur trece din stare solidă în stare lichidă. La aliaje, faţă de metalul pur, există un interval de topire. Dintre metalele cunoscute, cel mai greu se topeşte wolframul (3377°C) şi cel mai uşor potasiul (63°C).

× Căldura specifică - reprezintă cantitatea de căldură necesară ridicării temperaturii cu un grad a unui kilogram din materialul respectiv. Ea se exprimă în J/kg.grd.

× Căldura latentă de topire (sau solidificare) - reprezintă cantitatea de căldură necesară topirii unui kilogram din materialul respectiv şi se exprimă în J/kg.

× Coeficientul de dilatare termică liniară - reprezintă variaţia unităţii de lungime pentru fiecare grad de creştere a temperaturii. In intervalul (0 - 100°C) acest coeficient pentru fier este $1,22.10^{-5}$; pentru aluminiu $2,31.10^{-5}$; pentru plumb $2,90.10^{-5}$ Cel mai scăzut coeficient de dilatare este al aliajului invar de $0,15.10^{-5}$.

× Conductibilitatea electrică - este proprietatea metalelor şi aliajelor de a conduce curentul electric şi se exprimă în (Siemens/m). Cele mai conductibile metale, în ordine descrescîndă sînt: Ag, Cu, Au, Cr, Al, W etc. Greu conductibile sînt: Fe, Hg, Ti. Conductibilitatea electrică scade odată cu conţinutul de impurităţi, cu gradul de deformare plastică şi cu ridicarea temperaturii. La temperaturi foarte joase, aproape de 0°K (-273°C), la metale apare fenomenul de supraconductibilitate, cînd rezistivitatea scade aproape pînă la zero.

Forţa termoelectromotoare este diferenţa de potenţial electric, care apare la extremităţile libere a două fire metalice de natură diferită, sudate împreună, dacă capătul sudat este

Tabelul 3.1

Denumirea	Simbolul	Densitatea g/cm^3	Temperatura de topire ^oC	Conductibilitatea electrică $s/m = \frac{1}{\Omega \cdot m} \times 10^6$	Conductibilitatea termică $\frac{W}{m.grd} = \frac{J}{m.s.grd}$	Căldură latentă de topire J/kg	Căldură specifică (0-100°C) J/kg.grd
Aluminiu	Al	2,7	658	38,2	221,5	393.400	910,34
Argint	Ag	10,5	960	62,5	453,0	108.700	250,82
Aur	Au	19,3	1063	43,4	310,0	66.400	129,33
Beriliu	Be	1,82	1283	15,2	184,0	1.428.000	1826,00
Bismut	Bi	9,84	271	0,92	8,41	52.100	122,40
Cadmiu	Cd	8,64	321	13,3	92,8	54.200	186,50
Cobalt	Co	8,8	1495	15,4	96,5	259.100	418,2
Crom	Cr	7,1	1903	35,8	88,6	263.500	448,3
Cupru	Cu	8,92	1083	58,8	406,0	205.500	389,2
Fier	Fe	7,86	1535	10,0	73,3	275.000	460,5
Germaniu	Ge	5,32	958	1,54	60,7	438.100	323,2
Magneziu	Mg	1,74	650	25,0	172,5	379.000	1034,0
Mangan7	Mn	7,24	1244	0,388	157,0	266.300	480,2
Molibden	Mo	10,2	2617	20,0	130,6	288.200	248,5
Nichel	Ni	8,9	1455	13,3	67,0	301.500	457,0
Platină	Pt	21,45	1770	10,2	71,1	87.500	133,0
Plumb	Pb	11,34	327	5,27	35,0	23.040	129,7
Staniu	Sn	5,75	232	8,85	59,8	60.800	179,2
Stibiu	Sb	6,69	630	2,56	18,8	165-200	207,6
Tampal	Ta	16,6	2997	7,15	45,2	173.500	135,3
Titan	Ti	4,50	1665	2,28	21,9	323.500	523,0
Uraniu	U	19,0	1930	3,1	26,7	65.200	109,3
Vanadiu	V	6,07	1726	5,5	31,0	351.200	487,2
Wolfram	W	19,3	3377	20,0	134,0	191.600	127,8
Zinc	Zn	7,13	419	16,4	112,7	113.200	318,2
Zirconiu	Zr	6,5	1855	2,0	99,5	251.400	276,2

Scanned with OKEN Scanner

încălzit. Această caracteristică serveşte la fabricarea termocuplelor înalte (Pt - PtRh, pînă la 1600°C ş.a.).

Proprietăţile magnetice - foarte importante pentru industria electrotehnică sînt: permeabilitatea magnetică, inducţia remanentă, forţa coercitivă, susceptibilitatea magnetică, magnetostricţiunea la saturaţie, temperatura Curie etc.

3.2. Proprietăţi chimice

Aceste proprietăţi exprimă capacitatea materialelor metalice de a rezista la acţiunea diferiţilor agenţi externi cum sînt: medii corozive, agenţi atmosferici, temperaturi înalte. Dintre proprietăţile chimice amintim:

Rezistenţa la coroziune - care reprezintă proprietatea materialelor de a rezista faţă de substanţele chimice (acizi, baze, săruri etc) şi faţă de agenţi atmosferici. Distrugerea prin coroziune se poate produce pe cale chimică sau electrochimică. Rezistenţa la coroziune este decisivă în alegerea materialelor pentru utilaje în special în industria chimică. Necesităţile în acest sens sînt satisfăcute de o largă gamă de oţeluri şi fonte inoxidabile, dar şi de utilizarea unei serii întregi de metode de protecţie anticorozivă, printre care amintim: galvanizarea, metalizarea cu metale rezistente la coroziune, placarea, tratamente termochimice, depunerea de pelicule protectoare prin vopsiri, lăcuire, fosfatare etc.

Refractaritatea - este proprietatea metalelor şi aliajelor de a-şi menţine o rezistenţă mecanică ridicată la temperaturi înalte, nu ard sau nu se acoperă cu o coajă prea groasă de ţunder (oxid). Din această categorie se remarcă metalele şi aliajele refractare şi superrefractare.

3.3. Proprietăţi mecanice

Acestea caracterizează modul de comportare a materialelor sub acţiunea forţelor sau solicitărilor exterioare. Valorile lor sînt cele care garantează siguranţa funcţionalităţii pieselor proiectate. O clasificare a acestor proprietăţi este redată în figura 3.1.

Rezistenţa mecanică la rupere - este proprietatea materialelor de a se împotrivi forţelor exterioare care tind să le distrugă. Pissele metalice de maşini sînt supuse la diferite feluri de solicitări mecanice cum sînt: tracţiune (întindere), compresiune, încovoiere, răsucire (torsiune), forfecare etc. Pentru

fiecare mod de solicitare se determină limita de rezistenţă la rupere. Sub acţiunea forţelor exterioare în interiorul metalelor se crează o stare tensională internă care caută să echilibreze solicitarea externă.

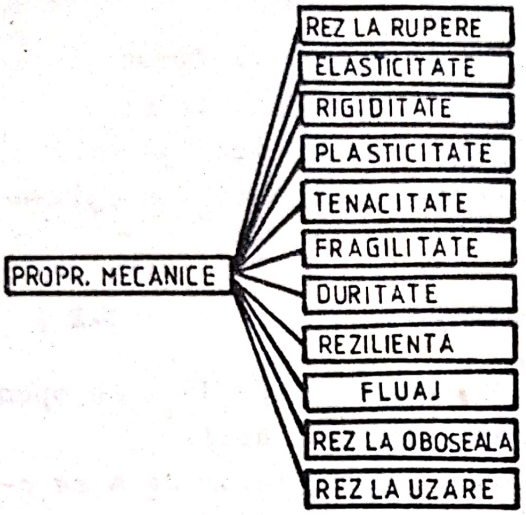


Fig.3.1. Clasificarea proprietăţilor mecanice

O schemă reprezentativă pentru solicitarea la întindere este dată în figura 3.2.

Dacă forţa F acţionează perfect axial, atunci $\alpha = 0$, $T = \sigma$ şi $\tau = 0$ şi din condiţia de echilibru rezultă:

$$F = \Sigma T = \int \sigma \cdot dA \quad \text{unde,}$$

F - forţa exterioară;
T - tensiunea internă unitară;

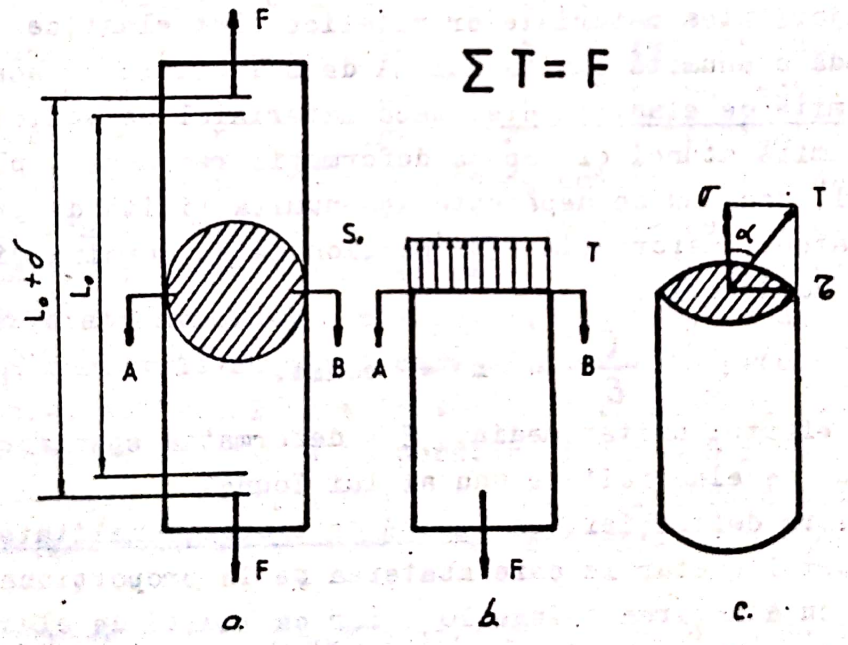


Fig.3.2. Schema încercării la tracţiune

σ - efortul unitar normal;
τ - efortul unitar tangenţial;
α - unghiul tensiunii T cu normala la planul secţiunii;
A - aria secţiunii transversale a piesei.

Dacă tensiunea T este uniformă pe secţiunea A, adică σ = constant, atunci relaţia de mai sus devine:

$$F = \sigma \int dA = \sigma \cdot A \quad \text{şi}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ daN/mm}^2 \qquad (3.1)$$

In general însă tensiunea nu este unfirom distribuită şi atunci se va considera o valoare medie a tensiunii interne.

Rezistenţa de rupere la tracţiune - este raportul dintre sarcina maximă (F_{max}) şi aria secţiunii iniţiale (S_o) a epruvetei tracţionate:

$$R = \sigma_r = \frac{F_{max}}{S_o} \text{ daN/mm}^2 \qquad (3.2)$$

Rigiditatea - este proprietatea materialelor de a se opune deformărilor elastice şi este contrară elasticităţii.

Mărimea care reflectă capacitatea materialelor de a se opune deformărilor elastice, deci o măsură a rigidităţii, este modulul de elasticitate E.

Elasticitatea - este proprietatea metalelor şi aliajelor metalice de a reveni la forma lor iniţială după îndepărtarea solicitării de către forţele exterioare care le-a provocat deformarea. Majoritatea materialelor metalice sînt elastice, dar fiecare posedă o anumită limită maximă de solicitare în acest sens, numită limită de elasticitate. Dacă materialul se solicită peste această limită atunci el capătă deformaţii remanente, plastice. In general, dacă nu se depăşeşte aşa-numita limită de proporţionalitate atunci deformaţia e proporţională cu sarcina şi după legea lui Hooke avem:

$$\frac{\sigma}{\varepsilon} = E = \text{const.} \qquad (3.3)$$

unde: σ = efortul unitar mediu; ε = deformaţia specifică medie; E = modulul de elasticitate sau al lui Young.

Conform definiţiei, ca limită de proporţionalitate se consideră efortul unitar la care abaterea de la proporţionalitatea tensiunea cu alungirea atinge 10 % iar ca limită de elasticitate se consideră efort unitar la care alungirea remanentă atinge valoarea de 0,01 %.

Plasticitatea - este proprietatea metalelor şi aliajelor metalice de a-şi schimba forma la volum constant sub acţiunea forţelor exterioare, fără a mai reveni la forma iniţială după îndepărtarea splicitării exterioare. Din acest punct de vedere, materialele metalice sînt: plastice (ductile) sau fragile. Materialele plastice se pot uşor prelucra prin deformare la rece sau

la cald (laminare, forjare, matriţare etc) şi permite atenuarea concentrării locale a tensiunii prin deformaţii plastice, ceea ce duce la îndepărtarea pericolului de fisurare. Dimpotrivă, la metalele şi aliajele fragile la tensiunile interne existente prin operaţia de deformare se provoacă creşterea acestor tensiuni care la un moment dat depăşesc limita de rupere şi materialul cedează fragil. Majoritatea metalelor şi aliajelor metalice sînt plastice la rece sau la cald (oţel, cupru, aluminiu, plumb, nichel etc) dar sînt şi metale şi aliaje fragile (casante), cum sînt fontele, bronzurile etc.

Tenacitatea - este proprietatea metalelor şi aliajelor de a rezista bine la diferite solicitări exterioare (statice şi dinamice prin şoc), rupîndu-se numai după deformaţii plastice mari, uşor vizibile şi sub acţiunea unor sarcini mari.

Materialele tenace (ex. oţelul moale, cupru, aluminiu, alamă etc) acumulează o mare cantitate de energie în unitatea de volum înainte de a se rupe, ceea ce este foarte important din punct de vedere funcţional, ajutînd la prevenirea avariilor în instalaţii şi utilaje de mare importanţă.

Fragilitatea - este proprietatea contrară tenacităţii, fiind proprietatea metalului de a se rupe brusc sub acţiunea forţelor exterioare, fără a suferi în prealabil deformaţii plastice vizibile. Dintre materialele tipice amintim: oţel dur, oţelul călit, fonta cenuşie, sticla, metale pure ca: bismut, stibiu, magneziu etc. Trebuie să arătăm însă că fragilitatea nu este o proprietate absolută a metalului, ea,poate să apară sau să dispară în raport de factorii care influenţează procesul deformării. Astfel wolframul care la temperatură ambiantă este fragil devine plastic şi ductil la temperaturi înalte. O mare influenţă asupra comportării fragile o au concentratorii de eforturi (crestăturile), precum şi viteza de deformare sau temperaturile joase.

Duritatea - este proprietatea metalelor de a se opune la pătrunderea în suprafaţa lor a unui corp din exterior mai dur şi indeformabil. Ea caracterizează rezistenţa la deformaţii superficiale şi respectiv rezistenţa la uzare.

Rezilienţa (sau rezistenţa la şoc) - este,proprietatea metalelor şi aliajelor de a rezista la sarcinile dinamice. Ea se exprimă în lucrul mecanic consumat pentru ruperea metalului printr-o solicitare bruscă. Rezilienţa caracterizează şi gradul

de fragilitate al metalului.

Fluajul - este proprietatea unui metal sau aliaj metalic de a se deforma lent şi progresiv în timp sub acţiunea unei sarcini constante. Curgerea prin fluaj depinde foarte mult de temperatură, accentuîndu-se la temperaturi ridicate. De această caravteristică se ţine cont în proiectarea cazanelor, turbinelor cu aburi, instalaţii de cracare în industria chimică, motoare cu reacţie, motoare de rachetă, conurile frontale ale proiectilelor rachetă etc.

Rezistenţă la oboseală - este proprietatea materialelor de a suprta solicitări variabile repetate sau ciclice. Piesele care se rup prin oboseală funcţionează deobicei la sarcini cu mult sub limita de rupere, distrugerea nedesfăşurîndu-se printr-o curgere prealabilă vizibilă. In general, ruperea prin oboseală pleacă dintr-un punct şi se dezvoltă pînă ce piesa cedează brusc.

Rezistenţa la uzare - este proprietatea metalelor şi aliajelor de a reziste la acţiunea de distrugere prin frecare a suprafeţelor lor. Rezistenţa la uzare creşte paralel cu duritatea. Uzarea depinde foarte mult de ungere, de calitatea suprafeţei (netezime) şi de condiţiile de rodaj.

3.4. Proprietăţile tehnologice

Aceste proprietăţi caracterizează capacitatea de prelucrare la cald sau la rece a materialelor metalice. O clasificare a acestor proprietăţi este redată în figura 3.3.

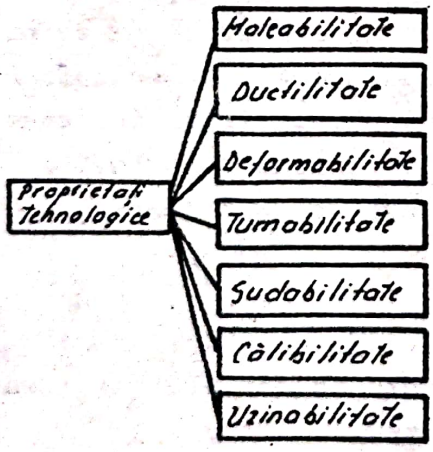


Fig.3.3. Clasificarea proprietăţilor tehnologice

Maleabilitatea - este proprietatea metalului de a fi uşor prelucrabil la rece pentru a fi transformat în foi fără să se rupă sau să se fisureze. Metale maleabile sînt: Sn, Au, Cu, Al, alama, oţelul moale etc. Un indicator al maleabilităţii poate fi considerat şi alungirea la rupere prin încercare la tracţiune.

Ductilitatea - este proprietatea metalului de a fi tras la rece în fire subţiri, prin trefilare. Ca materiale ductile sînt: Cu, Al, alama, oţelul moale etc.

Deformabilitatea (forjabilitatea) - este proprietatea metalului de a fi uşor prelucrabil la cald prin deformare posedînd o rezistenţă la deformare cît mai mică la temperaturi cît mai joase, iar schimbările de formă şi dimensiuni prin deformare să nu ducă la fisurare. Asupra forjabilităţii în procesul deformării influenţează mulţi factori interni şi externi ai metalului. Un oţel va fi cu atît mai uşor forjabil, cu cît va conţine mai puţin carbon, cu cît temperatura de lucru va fi mai ridicată,cu cît viteza de deformare va fi mai mică etc. Proprietăţile de mai sus stau la baza obţinerii de produse semifabricate ca: table, bare, ţevi, sîrme, profile etc.

Turnabilitatea - este o proprietate complexă a metalului; un material va fi cu atît mai bun pentru turnare cu cît va avea o fluiditate mai bună (mai ales la piese complicate şi cu pereţi subţiri), o contracţie mai mică la solidificare şi răcire (pericol de deformare, fisurare, formarea retasurii etc), o temperatură de topire mai scăzută (cuptoare de topire simple şi ieftine) şi o tendinţă cît mai redusă de segregare (neomogenitate chimică în piesă).

Sudabilitatea - reprezintă capacitatea materialelor de a se îmbina prin încălzire locală pînă în stare topită sau plastică, cu sau fără adaus de material, cu sau fără utilizarea unor presiuni exterioare pentru realizarea îmbinării. Această proprietate depinde de compoziţia aliajului, de plasticitatea metalului la temperatura sudării şi la temperaturi joase, de conductibilitatea termică a metalului, de viteza de răcire după sudare etc.

Călibilitatea - este proprietatea oţelurilor de a primi călire, caracterizată prin obţinerea unei durităţi ridicate atunci cînd sînt răcite brusc de la o temperatură de încălzire prescrisă (ridicată) şi prin pătrunderea călirii (grosimea stratului dur).

Uzinabilitatea (aşchiabilitatea) - reprezintă capacitatea materialelor de a se prelucra uşor prin aşchiere (strunjire,frezare, rabotare, găurire etc) cu eforturi mici şi consum redus de energie. Este cel mai bine dacă prin aşchiere se formează aşchii sfărîmicioase, care se îndepărtează uşor de zona de lucru a sculei maşinii-unelte.

Dacă vom lua în considerare faptul că metalul sau aliajul metalic industrial nu este întotdeauna pur şi compact, ci mai

conţine şi o serie de defecte structurale, dependenţa diverselor proprietăţi fizice, mecanice, tehnologice etc. de aceste defecte care clasifică proprietăţile în două mari categorii: insensibile la defecte structurale şi sensibile la defectele de structură, aşa cum se vede în schema din figura 3.4.

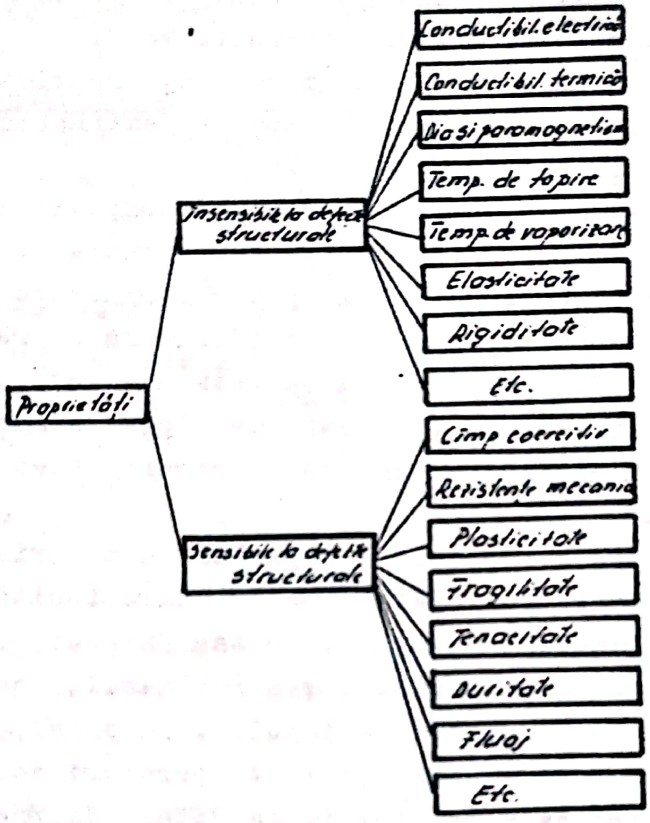


Fig.3.4. Clasificarea proprietăţilor după dependenţa de structură

Cap.4. INCERCARILE MATERIALELOR METALICE

In acest capitol se face referire la procedeele de determinare a proprietăţilor sau a defectelor din metale şi aliaje care oferă datele necesare în primul rînd pentru alegerea materialului corespunzător pentru piesele metalice de maşini, dar şi pentru interpretarea oauzelor de avarii şi defecţiuni în funcţionarea organelor de maşini. In caz de expertizarea defecţiunii pe baza datelor obţinute, se decide dacă a fost o alegere necorespunzătoare a metalului, a tehnologiei aplicate sau a exploatării necorespunzătoare (suprasolicitare).

Scanned with OKEN Scanner

Se impune ca încercările să fie în general simple, pe epruvete tipizate; uneori acestea se execută pe piese finite.

Pentru ca rezultatele încercărilor să fie comparabile, trebuie să se respecte cu stricteţe toate prescripţiile şi condiţiile prevăzute în norme.

Incercările metalelor se pot împărţi după mai multe criterii şi anume: - după tipul solicitării (statice, dinamice); - după temperatură (la rece sau la cald); - după caracteristicile care se urmăresc (mecanice, tehnologice, defectostopice, încercări fizice, chimice, analize metalografice sau röntgenografice). Schema generală a încercărilor este dată în tabelul 4.1.

4.1. Incercările mecanice

Prin aceste încercări se caracterizează comportarea metalului sub acţiunea unor sarcini exterioare statice sau dinamice, rezultatele încercărilor fiind de regulă exprimate numeric.

Incercările oferă date atît în ce priveşte rezistenţa mecanică, după diferite moduri de solicitare (necesare în calculul organologic de proiectare, din punct de vedere al rezistenţei materialelor), cît şi date asupra plasticităţii (necesare mai ales în proiectarea regimurilor tehnologice de prelucrare a materialelor metalice în vederea transformării lor în piese). Un tablou general al încercărilor mecanice uzuale în practica industrială se vede pe tabelul 4.2, unde sînt cuprinse după tipul solicitării atît încercările statice cît şi cele dinamice.

4.1.1. Incercările mecanice statice - caracterizează comportarea materialului sub acţiunea unor solicitări exterioare statice, cînd sarcina creşte lent şi progresiv, de la valoarea zero pînă la o anumită valoare sau pînă la ruperea piesei. Incercările mecanice se exprimă prin valori numerice concrete.

4.1.1.1. Incercarea la tracţiune (STAS 200-75)

Este încercarea mai larg utilizată în practica industrială, furnizînd date asupra calculului de rezistenţă în proiectare. Incercarea se execută pe epruvete tip, standardizate, pe maşini de încercat cu aplicarea axială a sarcinii, făcîndu-se pînă la ruperea materialului. Caracteristicile care se pot determina sînt:

- limita de proporţionalitate - σ_p sau σ_{1o};
- limita de elasticitate - σ_e;
- limita de curgere - σ_c sau $R_{0,2}$;

- rezistența la rupere - σ_r sau R ;
- alungirea la rupere - A_n sau δ_n;
- gîtuirea la rupere - Z.

Tabelul 4.1

INCERCARILE METALELOR

1 Incercari mecanice

a statice
- a) tractiune — generale; table subtiri
- b) compresiune
- c) incovoiere
- d) forfecare
- e) torsiune
- f) fluaj
- g) duritate — Brinell; Vickers; Rokwell; Martens

b dinamice
- a) tractiune prin soc
- b) compresiune prin soc
- c) incovoiere prin soc (rezilienta)
- d) torsiunea prin soc
- e) oboseala
- f) duritate
  - cu greutate constanta — Baumon; Shore
  - cu greutate variabila — Poldy

2 Incercari tehnologice

- a) indoire — simpla; dubla; alternativa
- b) rasucire
- c) ambutisare
- d) refulare
- e) specifice unui produs — - sirme; - tevi; - table subtiri
- f) probe prin scintei
- g) alte incercari speciale

3 Incercari structurale

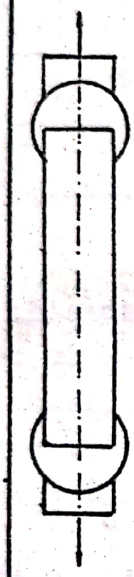
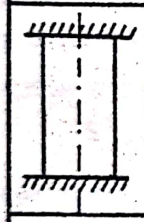
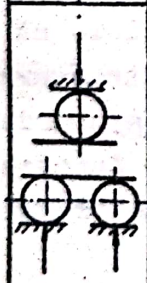
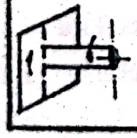
- a) metode metalografice — macroscopice; microscopice; microscopic electronica
- b) cu raze X, γ
- c) speciale — defectoscopie - magnetica; cu ultrasunete

4 Incercari chimice

- a) analize chimice — calitativa; cantitativa
- b) analiza spectroscopice
- c) incercari de coroziune si protectie anticoroziva

Toate aceste date se scot din curba de tracţiune care cuprinde variaţia alungirii în funcţie de solicitare. Epruvetele sînt cilindrice ca în figura 4.1.

Tabelul 4.2.

Schema	Solicitarea		NR de solicitari	Actiunea in timp		Incercari		
	Tipul	Modul		Variatia	Durata	Denumirea	STAS	Caracteristici stabilite
	fractiune	statica	unica	progresiva	scurta	tractiune	200-75 6834-75 6638-79 6605-78 2649 76 6951-76 2172-74 6718-76	limita de curgere rezistenta la rupere alungirea la rupere (A5 ; A10) gituirea
				constanta	lunga	fluaj	6596-73	limita tehnica de fluaj rezistenta tehnica in timp
					lunga	relaxare	7209-73	limita tehnica de relaxare
		dinamica	unica	progresiva	scurta	tractiune dinamica	—	energia de rupere
			repetata	-	scurta sau lunga	oboseala la tractiune	8027-78	limita de oboseala
	compresiune	statica	unica	progresiva	scurta	compresiune	1552-78	limita de curgere rezistenta la compresiune ; scurtarea specifica
						flambaj		rezistenta la flambaj
	incovoiere	statica	unica	progresiva	scurta	incovoiere	1660-80	
		dinamica	unica	progresiva	scurta	incovoiere prin soc	7511-81 1400-75 6833-79 7400-77 6774-79	energia de rupere si rezilienta
			repetata	-	scurta sau lunga	oboseala prin incovoiere rotativa	5878-77	limita de oboseala rezistenta la durabilitate limita
	rasucire	statica	unica	progresiva	scurta	torsiune	1750-80	rezistenta la torsiune
		dinamica	unica	—	scurta	rasucire dinamica	-	rezistenta de rupere

Tabelul 4.2 - continuare

	forfe-care	stati-că	unica	progre siva	scurtă	forfecare	7926-67	rezistenta la forfecare
	presiu-ne de contact	statică	unica	progre siva	scurtă	strivire	-	rezistenta la strivire
				cons-tanta	scurtă	duritate statică	165-6649278 493-67 8623-70 7857-67 7236-73 8251 68	duritate Brinell Vickers Rockwell
					lungă	duritate de durata	-	duritate de durata
		dinami-că	unica	progre siva	scurtă	duritate dinamică	8315-76	duritate Shore

Semnificaţia notaţiilor din figura 4.1 este:

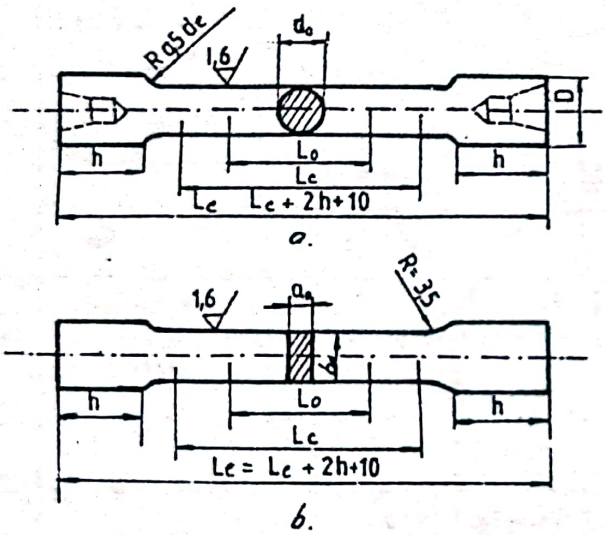


Fig.4.1. Aspectul epruvetelor pentru tracţiune.
a - bare; b - table

L_c - lungimea calibrată;
L_o - lungimea luată în calcul
S_o - secţiunea iniţială;
R - raza de racordare;

$$L_c = L_o + 2d_o$$

sau dacă nu se poate preleva o astfel de epruvetă se poate lua

$$L_c = L_o + d_o/2$$

Probele se prelevează astfel ca materialele să nu fie deteriorate structural. Forma capetelor de prindere se prelucrează în funcţie de dispozitivul de prindere al maşinii de încercat.

Mersul încercării se vede pe curba din figura 4.2.

- Alungirea pînă la 0,0005 % din lungimea iniţială determină limita de proporţionalitate şi modulul de elasticitate.

- Alungirea de 0,001 % din lungimea iniţială determină limita de elasticitate.

- Alungirea de 0,01 % din lungimea iniţială determină limita de curgere tehnică ($\sigma_{0,2}$) considerînd alungirea specifică .

Conform figurii 4.2 fazele încercării sînt următoarele:

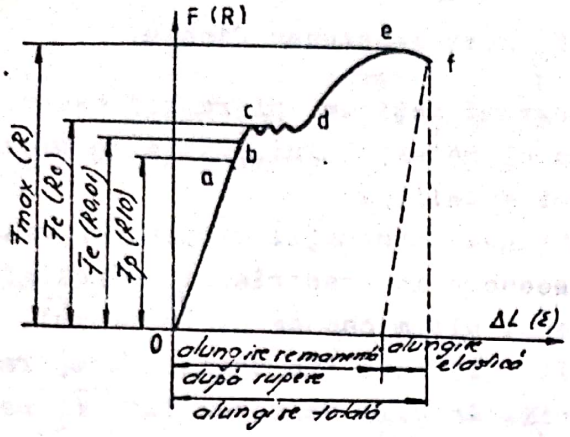


Fig.4.2. Diagrama de tracţiune

Oa - alungirea creşte proporţional cu sarcina (legea lui Hooke);
ab - apare o mică abatere a proporţionalităţii care e neglijabilă şi pînă la b se consideră perioada elastică;
ob- perioada elastică;
cd - perioada de curgere;
de - perioada de deformării plastice; deformarea uniform repartizată, are loc o durificare a materialului, ce este proporţională cu ecruisarea;
ef - perioada gîtuirii;
f - ruperea materialului.

Parametrii încercării se calculează cu relaţiile:

- Rezistenţa la rupere $R\ (\sigma_r) = \frac{F_{max}}{S_o}$ §
- Limita de curgere $R_c(\sigma_c) = \frac{F_c}{S_o}$;
- Limita elastică $R_e(\sigma_e) = \frac{F_e}{S_o}$;
- Limita de proporţionalitate $R_p = \sigma_p = \frac{F_p}{S_o}$;
- Lungirea $\Delta l = L_u - L_o$

unde L_u este limita finală între repere;

- Alungirea specifică $\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_o}$

sau în procente $A_n = (\delta_n)\% = \frac{\Delta l}{L_o} \cdot 100$

unde n este factorul de proporţionalitate al epruvetei, cu care se determină lungimea L_o a epruvetei. (n - 10 pentru $l_o = 10\ d_o$; n = 5 pentru $L_o = 5\ d_o$); dacă n = 5 avem aşa numita epruvetă normală şi indicele nu se mai pune.

- Gîtuirea specifică $\psi = \frac{S_o - S_u}{S_o}$ sau în procente:

$$Z\,\% = \frac{S_o - S_u}{S_o} \cdot 100$$ unde S_u este secţiunea finală.

Pînă la punctul b din diagramă obţinem informaţii asupra comportării în domeniul elastic al materialului, utile în proiectare şi în funcţionarea pieselor metalice.

De la punctul c la e obţinem informaţii asupra comportării plastice a materialului, necesare în prescrierea tehnologiei de fabricaţie a pieselor. In acest ultim caz ca şi în primul, se va ţine cont şi de influenţa altor factori (în special temperatura) asupra valorilor încercării. Astfel: valoarea lui σ_c ne dă gradul maxim de siguranţă în funcţionarea piesei; - valoarea lui σ_r ne dă gradul maxim de solicitare în procesul de prelucrare prin deformare, fără distrugerea integrităţii materialului; In general cu cît diferenţa dintre R şi $R_{0,2}$ este mai mare, cu atît materialul e mai prelucrabil plastic; - valorile lui ε şi ψ ne dau indicaţii asupra comportării plastice înainte de rupere.

In afara încercării normale pe epruvete cilindrice tip mai sînt încercări la tracţiune standardizate pentru table (figura 4.1-b), benzi, sîrme, cabluri, ţevi etc.

4.1.1.2. Incercarea la compresiune (STAS 1552-78)

Această încercare e o inversare a modului de solicitare la tracţiune. Metoda se foloseşte mai rar întrucît materialele tenace nu se rup la încercare şi se obţine numai o bombare a materialului. Materialele fragile (fontele) se pot rupe şi se determină rezistenţa de rupere la compresiune care este mult mai mare decît la tracţiune. Această încercare este tipică pentru unele materiale cum sînt la betoane, cărămizi, lemn etc. Se determină şi aici, conform figurii 4.3, următorii parametri:

- Rezistenţa la rupere prin compresiune:

$$\sigma_{rc} = \frac{F_{max}}{S_o}$$

- Limita de curgere prin compresiune:

$$\sigma_{cc} = \frac{F_c}{S_o}$$

- Scurtarea relativă: $\varepsilon = \frac{h_o - h_u}{h_o} = \frac{\Delta h}{h_o}$

- Umflarea relativă: $\psi = \frac{S_u - S_o}{S_o}$

unde: F_{max} - sarcina maximă la rupere; F_c - sarcina la curgere;
S_o, h_o - secţiunea şi înălţimea iniţială a epruvetei;
S_u, h_u - secţiunea şi înălţimea finală a epruvetei încercate.

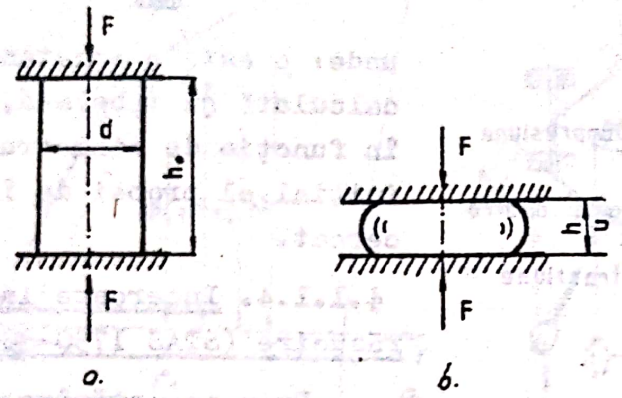


Fig.4.3. Schema generală a încercării la compresiune.
a - faza iniţială;
b - faza finală

4.1.1.3. Incercarea la încovoiere (STAS 1660-80)

Această încercare constă din aplicarea unei sarcini progresive concentrate, perpendicular pe axa epruvetei rezemată liber la ambele capete pe role, la mijlocul distanţei dintre reazeme, pînă la rupere. Se determină rezistenţa de rupere la încovoiere şi săgeata maximă în momentul ruperii. Se aplică mai rar la oţeluri şi mai mult la fonte, lemn, beton, materiale de construcţie (fig.4.4).

Rezistenţa de rupere la încovoiere se calculează cu raportul dintre momentul încovoietor maxim M_i şi modulul de rezistenţă al secţiunii respective W.

La epruvete cilindrice (fig.4.5):

$$\sigma_{ri} = \frac{M_i}{W} \; ; \quad M_{imax} = \frac{P \cdot l_i}{4} \; ; \quad W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad \text{şi}$$

$$\sigma_{r_i} = \frac{\frac{P_{max} \cdot l_i}{4}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = 8 \frac{P_{max} \cdot l_i}{\pi \cdot d^3} \; ; \quad W = \frac{I}{\frac{d}{2}} = \frac{\frac{\pi \cdot d^4}{64}}{\frac{d}{2}} = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

unde: I - momentul de inerţie în raport cu axa barei;
d/2 - distanţa de la suprafaţa piesei la axa neutră.

Pentru încercarea la încovoiere a fontelor se folosesc probe special turnate odată cu piesa, neprelucrate, dar se pot încerca şi probe prelucrate.

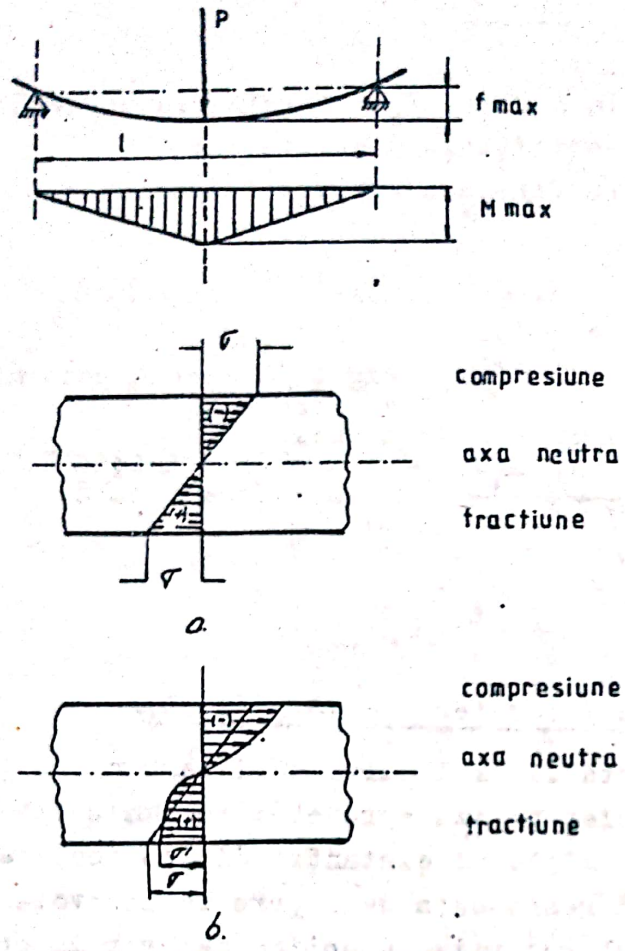


Fig.4.4. Schema generală a încercării la încovoiere
a - comportarea în secţiune a metalului în domeniul elastic;
b - comportarea la compresiune a fontei.

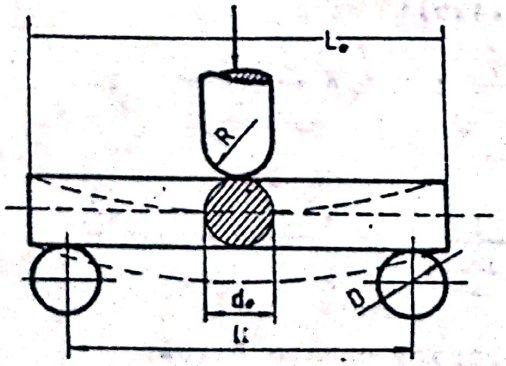


Fig.4.5. Schema solicitării la încovoiere a barelor cilindrice

In practică pentru uşurinţa calculului relaţia devine:

$$\sigma_{ri} = \frac{8 \cdot P_{max} \cdot l_i}{\pi \cdot d^3} = c \cdot P_{max}$$

unde: c este o constantă calculată şi tabelată, în funcţie de diametrul iniţial al probei de încercat.

4.1.1.4. Incercare la răsucire (STAS 1750-80)

Prin această încercare se determină rezistenţa mecanică la răsucire şi unghiul de răsucire. Schema generală a încercării se vede pe figura 4.6.

Incercarea constă în aplicarea la cele două capete ale epruvetei de secţiune circulară a două momente de răsucire M_t egale şi de sens contrar, progresiv crescătoare, măsurîndu-se totodată şi deformaţia produsă (curba din figura 4.6-a). Prin τ se înţelege efortul unitar tangenţial, ca raportul dintre momentul aplicat M_t şi modulul de rezistenţă polar W_p. Semnificaţia termenilor din figura 4.6-a este următoarea:

τ - efort tangenţial; γ - lunecarea specifică, în rad/mm; τ_p - limita de proporţionalitate (τ_{10}); τ_e - limita tehnică de elasticitate care produce o lunecare specifică permanentă de 0,015 %; τ_c - limita tehnică de curgere ($\tau_{0,3}$); τ_r - rezistenţa la rupere (τ_{max}).

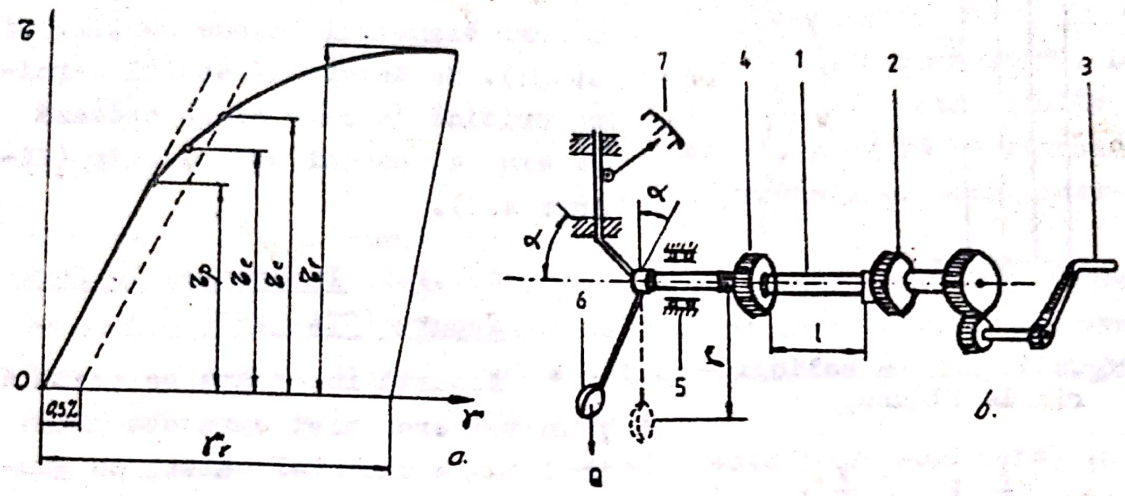


Fig.4.6. Schema încercării la răsucire
a - diagrama de răsucire; b - dispozitivul de încercare.
1 - epruveta; 2 - 4 - fălci de fixare;
3 - manivelă; 5 - lagăr; 6 - greutate;
7 - cadran gradat; 8 - braţ; Q - sarcina

Pentru epruveta cilindrică avem:

$$\tau_r = \tau_{max} = \frac{M_t}{W_p} = \frac{16\,M_t}{d^3} \quad daN/mm^2$$

Dacă vom nota cu φ unghiul de răsucire între secţiunile reperelor, în radiani:

$$\varphi = \frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_p} = \frac{32\,M_t \cdot l}{G \cdot \pi \cdot d^4} \quad rad$$

atunci lunecarea specifică se determină cu relaţia:

$$\gamma = \varphi \cdot \frac{d}{2 \cdot l} \quad rad/mm$$

unde: d - diametrul epruvetei; l - lungimea epruvetei; G - modulul de elasticitate transversal în daN/mm^2.

Incărcarea epruvetei se face de la manivela 3 din fig.4.6-b iar unghiul de rotire α se citeşte pe cadranul 7. Prin schimbarea greutăţii Q şi a braţului r, se poate varia sistemul de încărcare al epruvetei.

4.1.1.5. Încercarea la flambaj

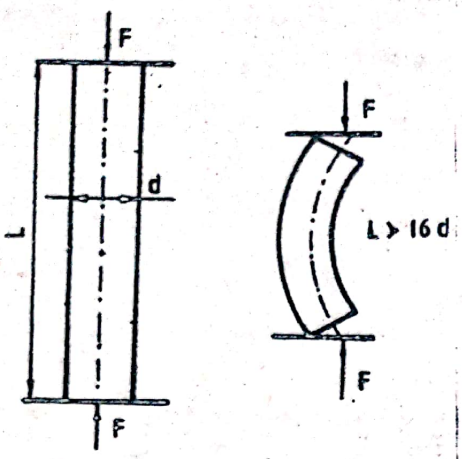


Fig.4.7. Schema solicitării la flambaj

Această încercare este o variantă specială a încercării la compresiune şi se execută pe epruvete a căror lungime depăşeşte de 16 ori diametrul (piese subţiri şi lungi). Se determină astfel sarcina critică la care piesa cedează şi axul ei nu mai este liniar (figura 4.7).

4.1.1.6. Încercarea la forfecare (STAS 7927-67)

Această încercare se execută prin trecerea unei epruvete prin trei inele din oţel călit, cu gaura corespunzătoare secţiunii probei; două dintre inele sînt montate într-o furcă, iar al treilea într-un suport separat. Dispozitivul se montează la maşina de tracţiune.

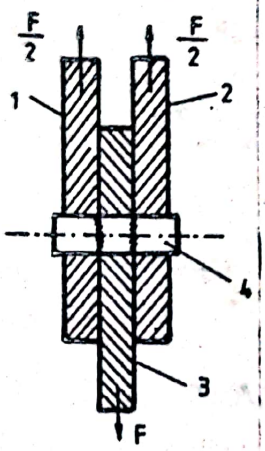


Fig.4.8. Schema dispozitivului de încercare la forfecare
1,2 - inele; 3 - inel central; 4 - epruvetă

Rezistenţa de rupere la forfecare este raportul dintre forţa maximă şi de două ori secţiunea epruvetei, ruperea avînd loc după două plane de forfecare.

Schema unui astfel de dispozitiv de încercare se vede pe figura 4.8.

4.1.1.7. Încercarea la fluaj (STAS 6596-73)

Încercarea constă în măsurarea variaţiei dimensiunii epruvetei încărcate timp îndelungat cu o sarcină constantă, la temperaturi înalte. Curba tipică de fluaj este redată în figura 4.9.

Se observă că viteza de fluaj creşte la început apoi scade, se stabilizează şi în ultimă fază creşte accelerat şi provoacă ruperea.

Viteza de fluaj creşte odată cu creşterea temperaturii şi cu mărirea sarcinii, în ambele cazuri grăbîndu-se ruperea şi micşorîndu-se durata de funcţionare a pieselor.

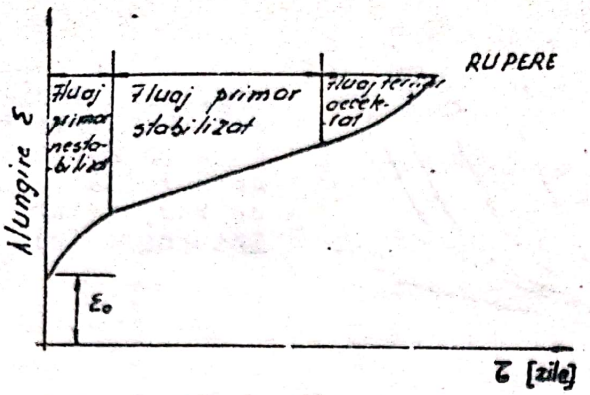


Fig.4.9. Curbă de fluaj

Pentru rezistența de durată, criteriul valoric este limita tehnică de curgere; aceasta numai dacă la oțel nu se depășește temperatura de 300 - 350°C, iar la neferoase 100°C. La depășirea acestor limite de temperatură se recomandă executarea unor încercări de durată,la temperatură.

Se consideră drept <u>limită reală de fluaj</u> tensiunea la care după un interval îndelungat de timp și la o anumită temperatură, o epruvetă supusă unui efort de tracțiune nu se mai deformează (viteza de fluaj fiind nulă).

<u>Limita convențională de fluaj</u> - este tensiunea care, la o temperatură dată, între a 25-a și a 35-a oră de încercare provoacă o anumită viteză de fluaj dinainte stabilită.

In practică se determină astfel tensiunile care provoacă alungiri de 0,2 %, 0,5 % sau 1 % respectiv după o durată de încercare de 1000, 10.000 sau 100.000 ore.

Mărimile fizice care influențează fenomenul de fluaj sînt: temperatura, tensiunea și deformația.

Alegînd două mărimi constante și studiind variația celei de a treia, în funcție de timp, se disting trei metode de încercare la fluaj și anume:

- <u>Metoda izotermă</u> - la care temperatura și tensiunea fiind constante, se măsoară alungirea în timp;
- <u>Metoda dilatometrică</u> - autostabilirea termică - cînd tensiunea și deformația se iau constante și se determină variația temperaturii în timp;
- <u>Metoda relaxării</u> - la care temperatura și deformația fiind constante se măsoară variația tensiunii în timp. De exemplu, dacă la același material se execută studiul variației alungirii în timp la temperatură constantă, dar la sarcini diferite, se obțin curbele din figura 4.10-a; se observă că odată cu creșterea sarcinii și viteza de fluaj crește. Același fenomen se observă și dacă la sarcină constantă variază temperatura de încercare, figura 4.10-b.

Determinarea limitei reale de fluaj cere prea mult timp

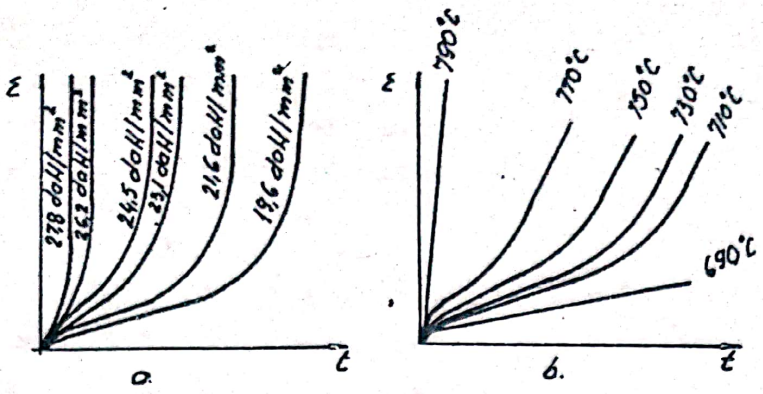


Fig.4.10. Variaţia alungirii în timp în funcţie de sarcină (a) şi de temperatura de încercare (b)

şi practic se operează numai cu limita convenţională.

In funcţie de durata încercării deosebim:

- încercări de lungă durată (peste 1000 ore); vitezele de fluaj mici în acest caz reproduc fidel comportarea metalelor în exploatare;

- încercări de scurtă durată (pînă la 100 ore), cînd se determină limita tehnică de fluaj; aceste încercări nu pot înlocui pe cele de lungă durată.

4.1.1.8. Incercări de duritate statică

Dintre metodele statice amintim: metoda Brinell (STAS 165-66); - metoda Rockwell (STAS 493-67); metoda Vickers (STAS 492-78).

a. Metoda Brinell. Incercarea constă în apăsarea lentă a unei bile din oţel călit pe suprafaţa materialului sau piesei de încercat. Dacă notăm cu P forţa de apăsare şi cu S aria urmei sau amprentei rezultate, atunci duritatea Brinell se defineşte ca raportul P/S. Prin S însemnăm de fapt suprafaţa calotei sferice imprimată în material de către bila de oţel, ca pe figura 4.11.

Deci $$HB = \frac{P}{S}$$

Din considerente geometrice $S = \pi . D . h$ şi întrucît e mai uşor de cele mai multe ori să determinăm pe d prin măsurătoare directă decît pe h, rezultă:

$$D = \pi . D \left[\frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} \right]$$

de unde

$$HB = \frac{2P}{\pi . D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} \quad daN/mm^2$$

Obişnuit sarcina de încărcare este P = 3000 daN, iar bila

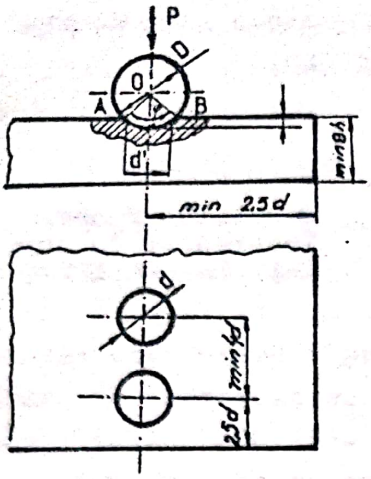


Fig.4.11. Schema încercării Brinell

are diametrul de 10 mm; timpul de menţinere după penetrare pînă la ridicarea sarcinii Brinell normală este de 15 secunde. Altfel trebuie indicat la simbolul HB condiţiile în care s-a efectuat încercarea, folosindu-se notarea $HB_{\varnothing/P/t}$. In general, se respectă concordanţa dintre sarcină şi bilă conform relaţiei:

$$\frac{P}{D^2} = \text{const} = 30$$

Metoda Brinell este sensibilă pînă la valori de 450 HB.

Cunoscînd duritatea Brinell normală, se poate aprecia rezistenţa la rupere în cazul aliajelor fier-carbon folosind relaţia empirică:

$$R(\sigma_r) = K \cdot HB$$

unde, de exemplu, K = 0,36 pentru oţel carbon. Pentru fontă se foloseşte relaţia:

$$R(\sigma_r) = \frac{HB-40}{6}$$

b. <u>Metoda Vickers.</u> Această metodă foloseşte ca penetrator o piramidă dreaptă cu baza un patrat, avînd unghiul diedru de 136° la vîrf (fig.4.12). Aprecierea valorii durităţii se face tot prin raportul dintre sarcină şi suprafaţa urmei imprimată în material. Obişnuit se măsoară de fapt diagonala urmei imprimate d şi duritatea se află cu relaţia

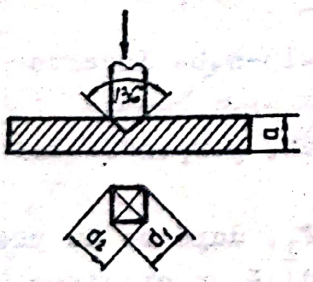


Fig.4.12. Schema încercării Vickers

$$HV = \frac{\frac{P}{d^2}}{2 \sin \frac{136^\circ}{2}} = 1{,}8544 \frac{P}{d^2}$$

Metoda se recomandă pentru oţeluri călite, metale dure cu rezistenţă la penetrare de peste 300 daN/mm^2. In funcţie de încărcare, deosebim trei tipuri de încercări Vickers: - cu sarcini normale; - cu sarcini mici; - cu microsarcini (microduritate).

c. <u>Metoda Rockwell.</u> Această metodă foloseşte ca penetra-

tor un con de diamant pentru scările A şi C, sau o bilă de oţel pentru scara B. Duritatea se notează HRC şi HRB.

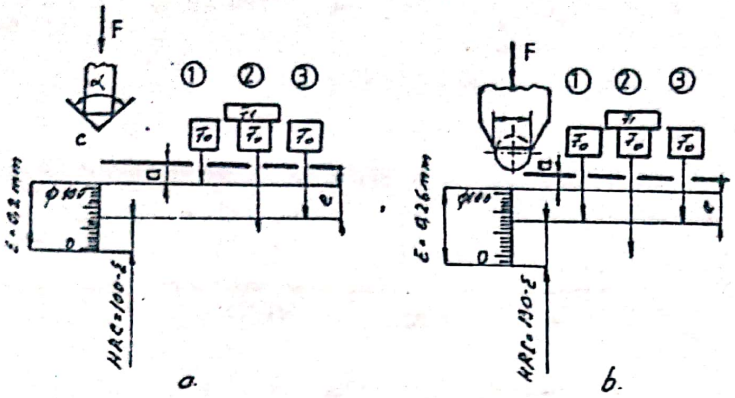


Fig.4.13. Schema încercării de duritate Rockwell

Modul de aplicare a sarcinii diferă de celelalte metode prin faptul că sarcina propriu-zisă de apăsare, urmează după aşa-zisa încercare iniţială sau preîncărcare. Preîncărcarea are scopul de a exclude influenţa stratului superficial degradat, cum ar fi: decarburat, oxidat sau ars, acoperit etc.

Conul de diamant are unghiul de vîrf de $120^{\circ} \pm 1^{\circ}$ şi se termină cu o calotă sferică de rază r = 0,2 mm. Sarcina de încărcare este de 60 daN (F_o = 10 daN + F_1 = 50 daN) pentru benzi subţiri din oţel călit şi metale dure (scara A) şi de 150 daN (F_o = 10 daN + F_1 = 140 daN) pentru oţeluri călite şi oţeluri speciale (scara C).

Bila sferică din oţel călit are Ø 1,59 mm (1/16") şi se foloseşte cu o încărcare de 100 daN (F_o = 10 daN + F_1 = 90 daN); se recomandă pentru oţel carbon obişnuit, table, bronzuri, alame speciale etc. (scara B).

Schema încercării este dată în figura 4.13-a,b. Incercarea se face în trei faze:

1. Se aplică sarcina iniţială F_o = 10 daN, perpendicular pe suprafaţa probei.

2. Se aplică apoi sarcina suplimentară F_1, după ce în prealabil s-a adus la zero cadranul aparatului, adică cu originea în dreptul acului indicator.

3. Se ridică sarcina F_1 menţinînd numai sarcina F_o.

Se citeşte după circa 15 secunde valoarea penetraţiei e şi se calculează duritatea cu formula: HRC = E - e, unde E este o constantă arbitrară, valoarea ei depinzînd de tipul penetratorului. Exprimîndu-se duritatea prin diferenţa dintre constanta E şi penetraţia e, se obţine exprimarea durităţii crescătoare prin valori crescătoare. Această metodă exprimă duritatea în

unităţi de lungime, ceea ce permite citirea directă a durităţii pe cadranul comparatorului de pe aparat, prevăzut în general cu două scări (B şi C).

4.1.2. Incercările dinamice

Incercările dinamice sînt încercările ce pun în evidenţă comportarea materialelor metalice sub acţiunea sarcinilor bruşte sau de şoc. Dintre încercările dinamice, încercarea tracţiunii sau compresiunii prin şoc se foloseşte foarte rar. Cel mai adesea se întrebuinţează metoda încovoierii prin şoc sau rezilienţa (STAS 1400-75).

După frecvenţa sarcinii aplicate în cadrul încercărilor dinamice se disting: încercări la şoc sau sarcini bruşte; încercări la oboseală sau de durată.

In ce priveşte rezistenţa dinamică sub sarcină caracteristica de bază o constituie tenacitatea materialelor. Rezultatele încercărilor dinamice sînt mult influenţate de următorii factori: - viteza de deformaţie, efectul de crestătură, temperatura.

Influenţa vitezei de deformaţie. Viteza de deformaţie, odată cu creşterea ei duce şi la mărirea capacităţii de împotrivire a metalului la acţiunea forţelor exterioare. In cazul tracţiunii acest lucru se vede pe figura 4.14. Efectul vitezei de deformaţie se reflectă mai ales în comportarea neferoaselor.

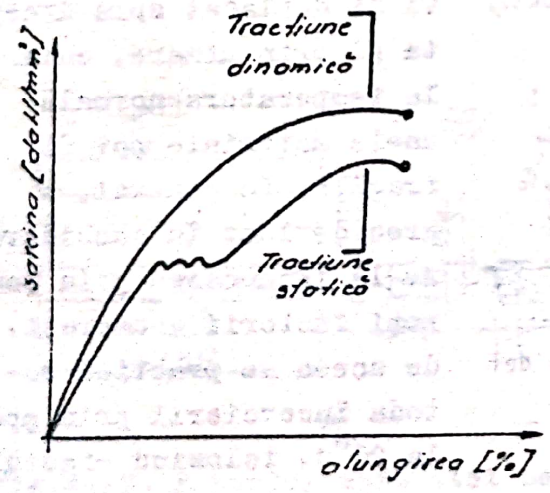


Fig.4.14. Influenţa vitezei de încercare asupra rezistenţei la tracţiune

Influenţa crestăturilor. Dacă pe suprafaţa pieselor metalice există unele crestături sau gîtuiri, acestea duc la concentrarea eforturilor, care în anumite cazuri pot depăşi rezistenţa materialului şi acesta se poate rupe în mod neprevăzut (fig.4.15). Concentratorul de tensiune este cu atît mai periculos cu cît crestătura este mai ascuţită. Trasînt curbele de tracţiune pe cele trei epruvete, se vede că efectul de crestătură (fig.4.16), duce la creşterea limitei elastice în detrimentul comportării plastice şi a tenacităţii

Influenţa temperaturii se observă pe figura 4.17 şi com-

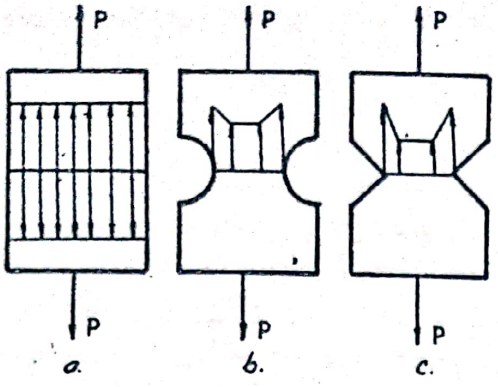


Fig.4.15. Tipuri de epruvete cu crestături
a. fără crestătură; b - cu crestătură rotundă; c - cu crestătură ascuţită

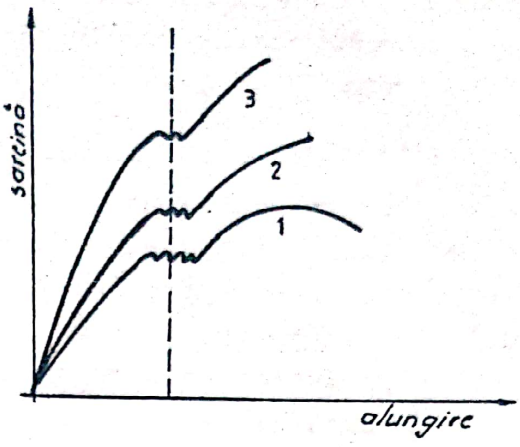


Fig.4.16. Influenţa crestăturii asupra rezistenţei la tracţiune. 1 - fără crestătură; 2 - cu crestătură rotundă; 3 - cu crestătură ascuţită

binat cu influenţa vitezei de deformare pe figura 4.18; t_{cr} - este temperatura critică de fragilitate care este în general sub 0°C, la o viteză mică de deformaţie. Curba limitei de curgere fiind deplasată în sus de creşterea vitezei de deformaţie, ca şi de crestătura ascuţită, şi t_{cr} va fi deplasat spre dreapta şi prin urmare, chiar la temperatura normală unele materiale pot fi fragile. In general, e greu de luat în considerare la încercarea prin şoc toţi factorii enumeraţi, de aceea se practică metoda încovoierii prin şoc la 20°C, folosind efectul de crestătură (rezilienţa) sau se determină influenţa vitezei de deformaţie în toate celelalte genuri de încercări.

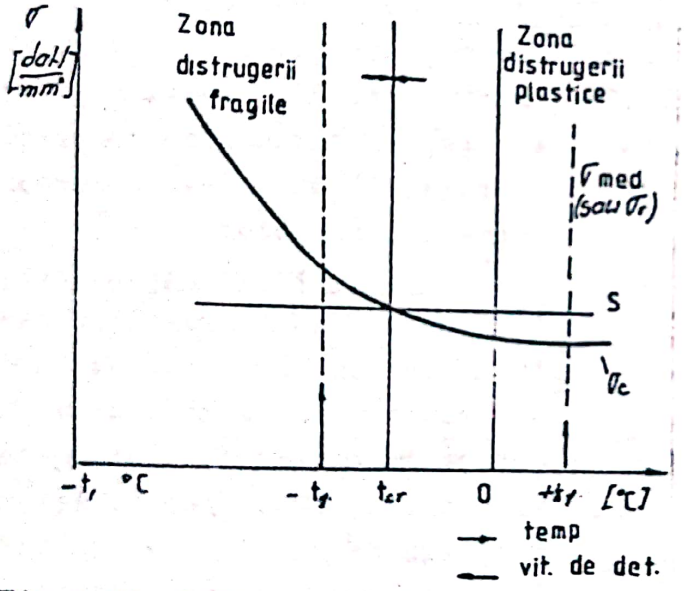


Fig.4.17. Influenţa temperaturii asupra comportării metalului în procesul solicitării

4.1.2.1. Incercarea de rezilienţă (STAS 1400-75).

Rezilienţa se defineşte ca raportul dintre lucrul mecanic consumat la ruperea prin şoc a unei epruvete cu crestătură (CU, CV) şi aria secţiunii transversale din dreptul crestăturii. Se

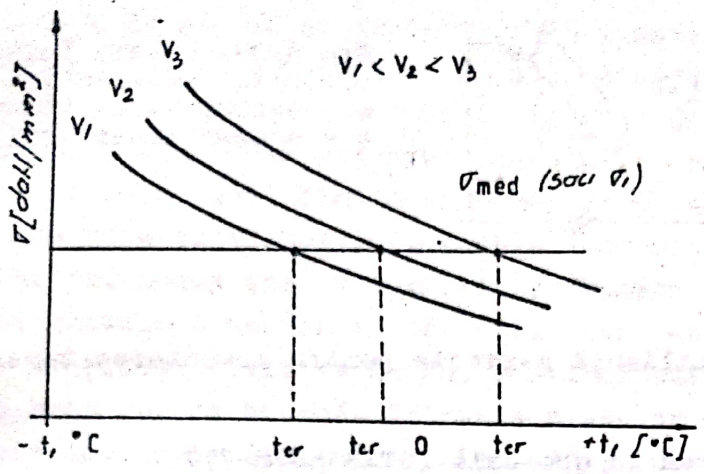


Fig.4.18. Influenţa temperaturii şi vitezei de solicitare asupra rezistenţei materialului

exprimă:

$K = \frac{L}{A}$ daN.m/cm^2

sau daJ/cm^2. Epruveta are dimensiuni standardizate (fig. 4.19-a,b). Pentru încercare serveşte pendulul Charpy, fig. 4.20-a,b. Acest pendul se ridică la o înălţime h , înmagazinînd o cantitate de energie potenţială, care la lansarea pendulului face ca acesta să rupă epruveta aşezată pe reazeme, şi să ridice apoi pendulul la înălţimea h_2 reprezentînd energia neconsumată. Dacă L este lucrul mecanic consumat, determinat cu relaţia:

$L = G(h_1 - h_2)$

$L = G.l(\cos \quad - \cos \quad)$

atunci rezilienţa K se determină cu expresia:

$$K = \frac{G.l(\cos\beta - \cos\alpha)}{A} \quad \frac{daJ}{cm^2}$$

Practic, valoarea rezilienţei se citeşte direct pe cadranul aparatului.

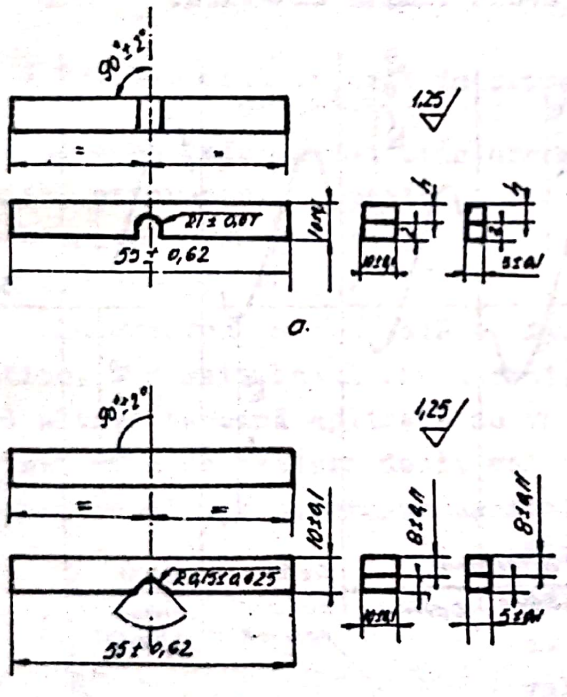


Fig.4.19. Aspectul epruvetei pentru încercarea de rezilienţă
a - cu crestătură în U; b - cu crestătură în V

Pentru precizarea datelor de comparaţie, valoarea rezilienţei se indică sub forma $KCU_{n/h/b}$ sau $KCV_{n/b}$ unde CU - crestătura în U; CV - crestătura în V; n - energia potenţială iniţială a ciocanului pendul (daN.m sau daJ); h - adîncimea crestăturii, în mm; b - lăţimea epruvetei, în mm. Pentru încercările normale (n = 30 daN.m şi b = 10 mm) indicarea se face numai prin simbolul KCU_h sau KV.

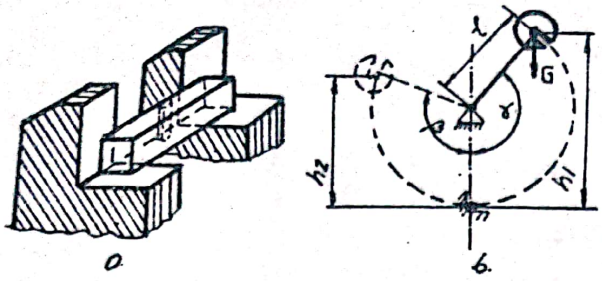


Fig.4.20. Schema încercării de rezilienţă.
a - suport epruvetă;
b - schema încercării

Incercarea de rezilienţă serveşte pentru aprecierea tenacităţii metalelor.

4.1.2.2. Incercarea la oboseală (STAS 5878-77)

Această încercare pune în evidenţă comportarea metalelor şi aliajelor la solicitări variabile repetate sau ciclice. Această încercare este foarte importantă, întrucît oboseala metalelor duce la ruperea lor la sarcini ca valoare mult mai mici decît limita de rupere, uneori chiar şi decît limita elastică.

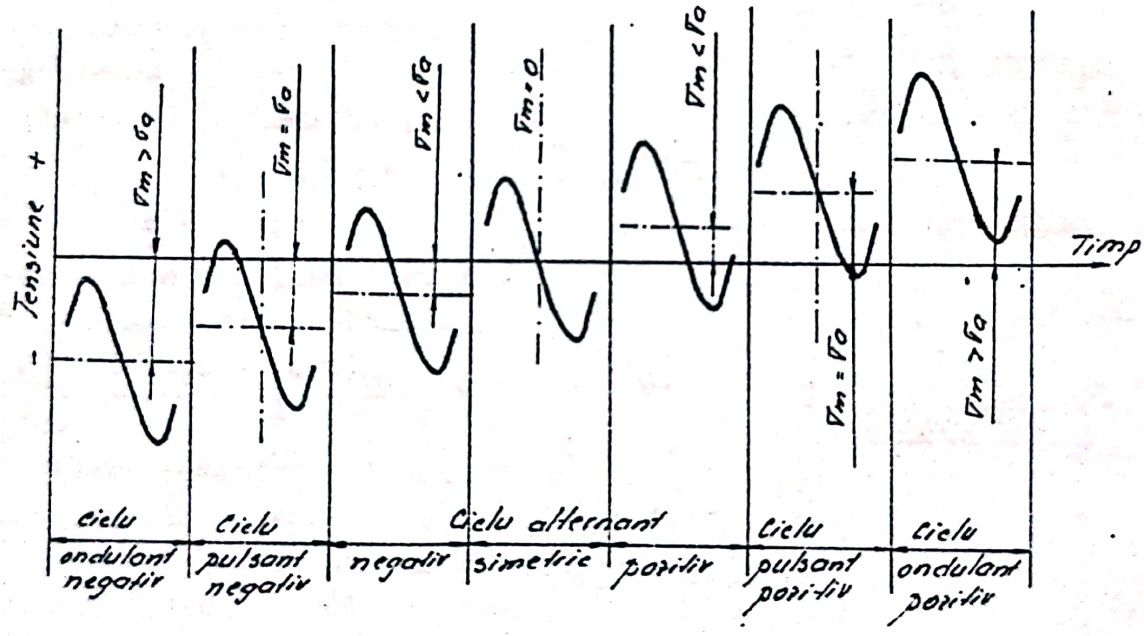


Fig.4.2.1. Diferite cicluri de solicitare la oboseală

Ca rezistenţă la oboseală se consideră în general tensiunea (alternantă, oscilantă sau pulsantă) care produce ruperea epruvetei la un număr convenţional de cicluri (de exemplu 10^7 pentru oţel sau 10^8 pentru aliaje neferoase uşoare).

La acest gen de încercări sarcina e variabilă oscilînd între o limită superioară şi una inferioară, după schema de variaţie a sarcinii în timp din figura 4.21. Rezistenţa la oboseală

depinde de mai mulţi factori: natura materialului, tratamentul termic, starea suprafeţei, forma piesei etc. Explicarea fenomenului de oboseală în mod simplist se poate face astfel: sub acţiunea forţelor exterioare, tensiunile create în material pot fi mai mici decît limita sa elastică în anumite puncte; acest lucru duce cu timpul la apariţia unor microdeformaţii locale permanente. Acumularea deformaţiilor remanente, la un moment dat pot provoca o amorsare a fisurii, care se măreşte progresiv pînă ce secţiunea efectivă nu mai poate fi suficientă şi piesa cedează prin rupere bruscă. Spărtura pieselor rupte se caracterizează prin două zone distincte (fig.4.22)şi anume:

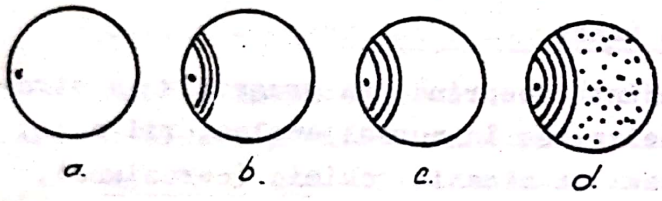


Fig.4.22. Evoluţia ruperii în procesul de obosală

- o zonă netedă (lucioasă) de strivire şi frecare a suprafeţelor fisurii, zonă pe care se poate observa şi evoluţia oboselii, această zonă fiind numită de fapt zona deformaţiei prin oboseală, plasată la periferia secţiunii, şi prezintă aspectul unor arcuri de cerc concentrice;
- o zonă grăunţoasă cristalină, în restul piesei, denumită zona distrugerii finale.

Încercarea la oboseală se face prin mai multe epruvete identice, din materialul considerat, scăzînd mereu sarcina pînă cînd ultima sarcină aplicată nu va rupe epruveta decît la un număr mai mare de cicluri decît cel interesat (10^7 pentru oţel şi 10^8 pentru aliaje neferoase uşoare). Datele se înscriu pe curba Wöhler, din figura 4.23. Piesa nu se va rupe prin oboseală dacă sarcina este mai mică decît valoarea lui σ care tinde asimptotic la curba Wöhler adică decît limita la oboseală (σ_D).

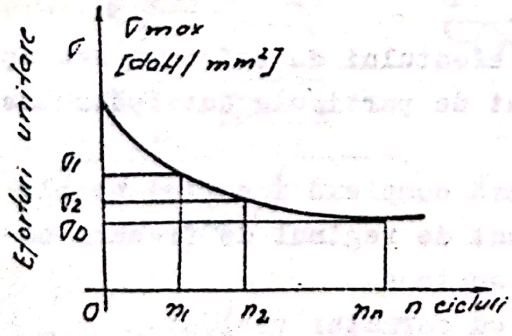


Fig.4.23. Curba Wöhler

După tipul solicitării,încercările la oboseală pot fi: de tracţiune, compresiune, încovoiere, răsucire; iar după modul de variaţie a sarcinii pot fi oscilante sau alternante.

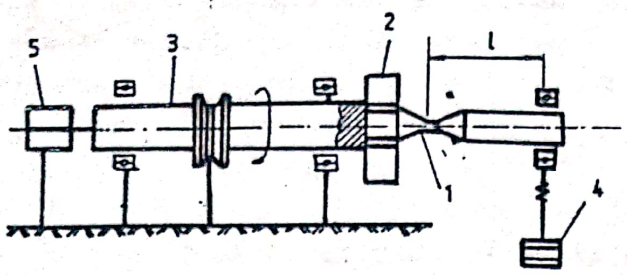


Fig.4.24. Schema maşinii de încercat la oboseală prin încovoiere rotativă 1 - epruveta; 2 - sistem de prindere; 3 - axul maşinii; 4 - sistem de încărcare; 5 - contor de ture

Maşinile de încercare la oboseală cunosc o mare varietate fie după specificul încercării, fie prin gradul de universalitate. Schema unei maşini des întrebuinţate este cea a încovoierii rotative (fig.4.24).

4.1.2.3. Incercări la uzare

Uzura ca efect, reprezintă desprinderea progresivă a straturilor superficiale ale unei piese în cursul exploatării sale, această desprindere fiind cauzată mecanic, chimic (coroziune), termic etc. Uzura ca noţiune nu e complet definită la ora actuală, existînd cîteva tipuri fundamentale de uzură şi mai multe tipuri complexe.

După unii cercetători, uzurile fundamentale ar fi:

- Uzura de aderenţă - s-ar datora aderării (sudării) suprafeţelor prin frecare, prin contactul la distanţă la care se manifestă forţele de atracţie moleculară.
- Uzura de coroziune - e provocată, în general, de o reacţie chimică a unui agent extern cu metalul.
- Uzura termică - sau uzura de aderenţă la temperaturi înalte - apare în general la frecarea de alunecare a suprafeţelor în contact la viteze şi presiuni specifice mari, provocînd o creştere însemnată în stratul superficial.
- Uzura abrazivă - se datoreşte efectului de zgîriere sau aşchiere (deformare plastică) exercitat de particule dure pătrunse între suprafeţele în contact.
- Uzura de oboseală - este o uzură complexă insuficient elucidată. Caracterul uzurii e determinat de regimul de frecare care poate fi uscat, hidrodinamic sau onctuos.

La frecarea uscată uzarea are un caracter violent.

La regimul hidrodinamic suprafeţele sînt separate cu un strat gros lubrefiant, compus din cîteva mii de straturi moleculare; teoretic, în regim hidrodinamic laminar uzura nu are loc. La regimurile hidrodinamice turbulente se produce o uzare lentă.

Regimul onctuos este atunci cînd stratul de lubrefiant e stratul limită, compus dintr-un strat subţire de molecule (trei sau patru molecule).

Incercările la uzare sînt de două feluri: de exploatare (direct pe piese); de laborator - în condiţii similare cu cele de exploatare.

Eficiente ca rezultat sînt încercările de exploatare dar sînt costisitoare şi lungi ca durată, cu posibilităţi reduse de studiu a diverşilor factori, condiţiile de încercare nefiind constante în timp şi spaţiu. De aceea, se practică mult metoda de laborator. Sînt foarte multe variante ale încercării la uzare, cea mai modernă fiind cea care foloseşte izotopi radioactivi.

4.1.2.4. Incercări dinamice de duritate

Aceste încercări, aşa cum am văzut la clasificarea lor, sînt de două tipuri: cu sarcină variabilă şi cu sarcină constantă.

Metoda Poldi - fig.4.25 - foloseşte un aparat cu o bilă din oţel şi o bară etalon cu duritate cunoscută. Prin lovire cu un ciocan de mînă, bila de oţel imprimă două urme: una în bara etalon şi una în piesa de măsurat. Se citesc cele două diametre ale amprentelor şi la intersecţia celor două diametre pe tabelul ce însoţeşte aparatul se citeşte duritatea Poldi; de fapt este un Brinell de buzunar. După cum se vede, metoda foloseşte sarcină variabilă.

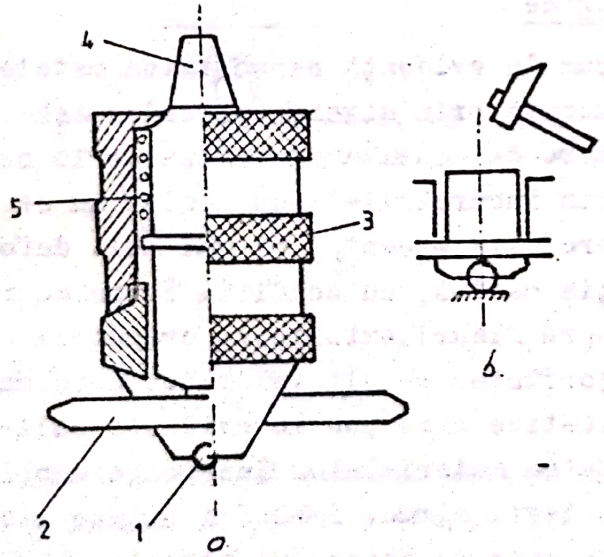


Fig.4.25. Schema metodei Poldi. a - aparatul Poldi; 1 - bila; 2 - bara etalon; 3 - corpul aparatului; 4 - tijă de acţionare; 5 - arc; b - schema de lucru.

Metoda Shore (STAS 8315-69) - foloseşte pentru încercare o greutate de oţel cu vîrf de diamant cu sarcina de 25 gf, care glisează într-un tub gradat (fig.4.26). Incercarea constă în măsurarea înălţimii de recul a greutăţii care cade liber de la o înălţime dată pe suprafaţa de încercat. S-a notat cu h_1 - înălţimea iniţială de cădere liberă (constantă) cu h_2 - înălţimea de recul (reprezentînd măsura durităţii). Cu cît piesa e mai dură

(oţel călit faţă de recopt), cu atît şi reculul va fi mai mare.

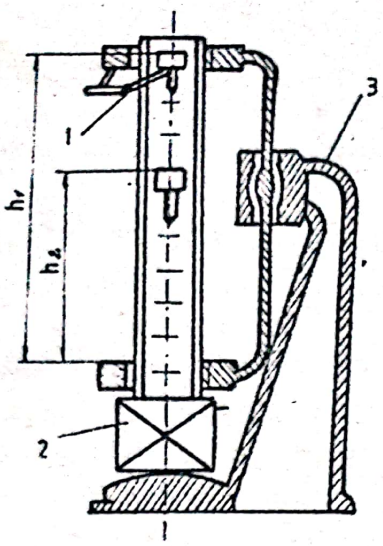


Fig.4.26. Schema aparatului şi încercării Shore 1 - greutate; 2 - piesa de încercat; 3 - suport

Această metodă se utilizează pentru a verifica mai ales omogenitatea unui material, sau atunci cînd pe suprafaţa piesei de încercat nu vrem să rămînă o urmă prea vizibilă.

Trebuie să amintim că în STAS R 883-70, există şi un tabel de corespondenţă a unităţilor de duritate între diversele metode de încercare.

De asemenea, ar mai fi de arătat că pe lîngă metodele de duritate prezentate pînă acum, specifice policristalului de aliaje tehnice, se mai cunosc o serie de metode de măsurare a microdurităţii, adică metode care pun în evidenţă duritatea diferitelor componente ale microstructurii. Dintre metode - cu titlu informativ - amintim metoda cu amprentă piramidală după sistemul Vickers şi respectiv metoda prin zgîriere sau metoda Martens. In ultimul caz lăţimea zgîrieturii este şi măsura gradului de duritate a componentului metalografic considerat.

4.2. Incercările tehnologice

Acest gen de încercări pun în evidenţă capacitatea metalelor şi aliajelor de a fi prelucrate prin diverse procedee tehnologice. Fiind vorba prin urmare de schimbarea formei de la semifabricat la piesa finită, prin încercările tehnologice nu se mai măsoară forţele ca la încercările mecanice ci mai mult deformaţiile. Se urmăreşte deformaţia maximă, cu condiţia ca pe suprafaţa probei încercate să nu apară fisuri,exfolieri, crăpături sau alte defecte vizibile. Majoritatea rezultatelor obţinute nu sînt cifre concrete, ci calificative care pun în evidenţă calitatea, starea şi prelucrabilitatea materialelor încercate deobicei sub formă de table, benzi, ţevi, sîrme, îmbinări sudate etc.

Se cunoaşte o gamă foarte mare de încercări tehnologice, tabelul 4.3, dintre care amintim:

4.2.1. Incercări de îndoire

Incercări la îndoire simplă, (la rece sau la cald, STAS 777-80), pune în evidenţă capacitatea materialului de a căpăta

Tabelul 4.3.

Solicitarea		Nr. solicitărilor	Încercarea		Corocteristici de prelucrare evidentiate
Tipul	Modul		Denumirea	STAS	
Compresiune	statică sau dinamică	unică	rulare	2233-80	Refulare specifică
		repetată			
Încovoiere	statică sau dinamică	unică	îndoire		Unghi de îndoire
		repetată	îndoire dublă îndoire alternativă înfășurare	2080-67 1177-74 7737-67 6622-78	Capacitate de deformare la rece și la cald
Răsucire	statică	unică	răsucire	1750-80	
		repetată			
Solicitări compuse	statică	unică	largire aplatizare răsfrângere	1111-79	
			ambutisare	2112-63 7569-66	
Tăiere	statică	unică	foarfecare	-	Capacitate de prelucrare prin aschiere.
		repetată	prelucrabilitate	-	

forme și dimensiuni diferite în simplă îndoire; se pune în evidență unghiul maxim de îndoire, fig.4.27. Ca o încercare particulară este îndoirea la 180° a tablei (fig.4.28).

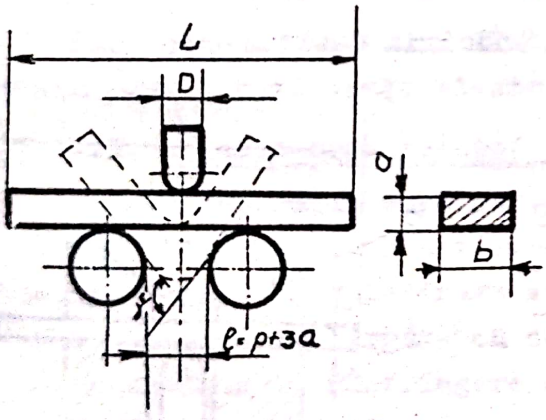


Fig.4.27. Schema încercării la îndoire simplă

Încercarea la dublă îndoire a tablelor subțiri și a benzilor (STAS 2080-67). Încercarea pune în evidență starea de ecruisaj, de tratament termic sau de acoperire protectoare, fig.4.29.

Încercarea la îndoire alternantă (STAS 1177-74) a sîrmelor, a tablelor și benzilor determină numărul de îndoiri suportate pînă la apariția primelor crăpături. (fig.4.30)

4.2.2. Încercarea de ambutisare Erichsen (STAS 7569-66 și STAS 2112-63)

Această încercare se aplică tablelor subțiri și benzilor la rece pentru table cu grosimi de 0,2 - 2,0 mm. Adîncimea de

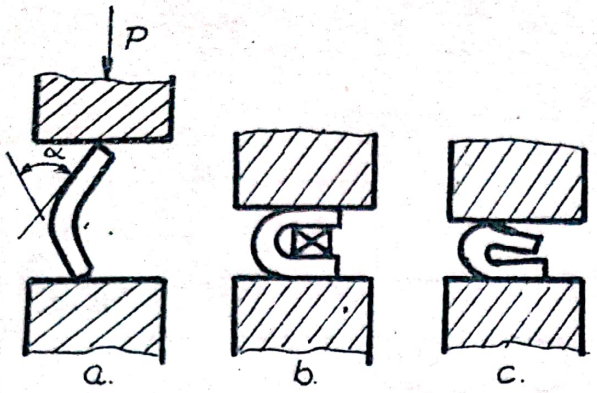


Fig.4.28. Schema încercării la 180°

ambutisare realizată cu un dorn de forma unei calote sferice, fig.4.31, pînă la apariţia unei fisuri pătrun se se exprimă în mm şi reprezintă indicele Erichsen. Acţionarea poansonului penetrator se face cu o roată de mînă.

4.2.3. Incercarea la refulare (STAS 2233-80)

Incercarea se aplică pentru verificarea deformabilităţii.

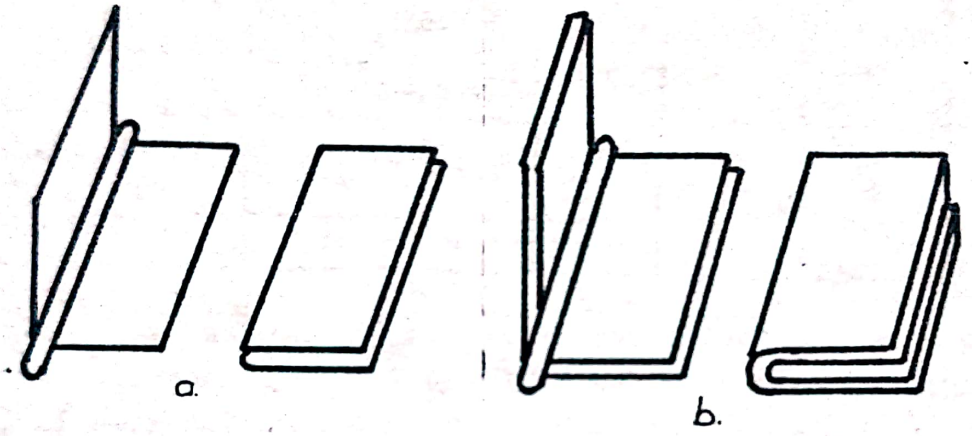


Fig.4.29. Schema îndoirii duble

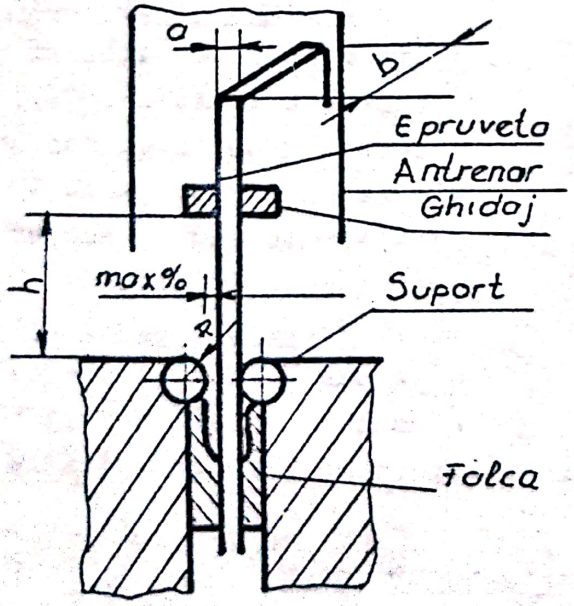


Fig.4.30. Schema îndoirii alternante pentru table

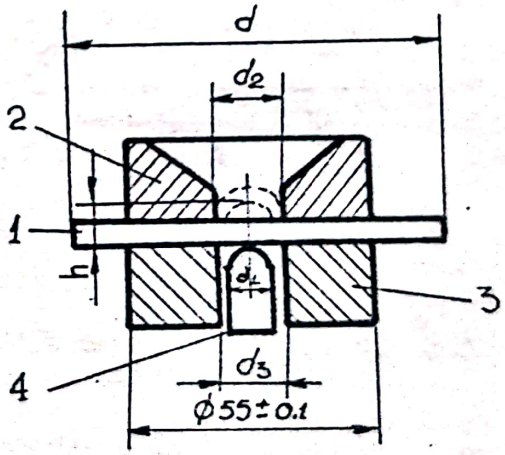


Fig.4.31. Schema încercării de ambutisare
1 - tablă de încercat;
2 - inel de fixare;
3 - matriţă de ambutisare;
4 - penetrator

Scanned with OKEN Scanner

la cald sau la rece a materialelor din care se confecţionează buloane, nituri etc.

Se apreciază gradul de refulare suportat pînă la apariţia fisurii sau crăpăturii pe generatoarea epruvetei (fig.4.32).

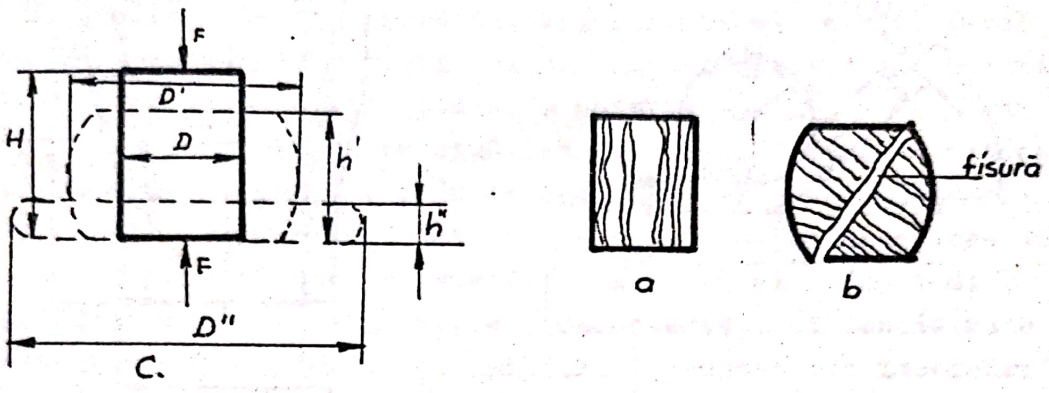


Fig.4.32. Schema încercării la refulare. a - epruveta iniţială; b - după refulare

4.2.4. Incercarea la răsucire (STAS 1750-80)

Incercarea se execută la rece pe bare sau sîrme cu diametrul de(1 - 10 mm). determinîndu-se numărul de răsuciri pînă la rupere.

4.2.5. Incercarea la înfăşurare a sîrmelor

Este standardizată în STAS 6622-70 şi este specifică la materiale pentru rezistenţe electrice, arcuri etc.

4.2.6. Incercarea ţevilor (STAS 1111-79)

Această operaţie cuprinde mai multe încercări şi anume:

- îndoirea la rece a ţevilor, cu şi fără sudură, fig.4.33;
- încercarea de aplatizare simplă şi dublă, fig.4.34;
- încercarea la lărgire cu dorn conic la diametru, fig.4.35;
- încercarea la răsfrîngere a ţevilor, fig.4.36;
- a încercarea la strîngere sau gîtuire;
- încercarea ţevilor la presiune hidraulică etc.

4.2.7. Alte încercări tehnologice sînt specifice diferitelor produse, dintre care amintim: încercarea de sudabilitate, încercări de îndoire a sudurilor, determinarea călibilităţii, determinarea fluidităţii metalelor, determinarea proprietăţilor amestecurilor de formare şi de miezuri, determinarea aşchiabilităţii metalelor, încercări specifice pentru masele plastice,sticle, cauciucuri, materiale ceramice şi izolante, materiale lemnoa-

se, proba prin scîntei pentru aprecierea rapidă a calităţii aliajelor feroase, încercările de uzare a lagărelor de alunecare.

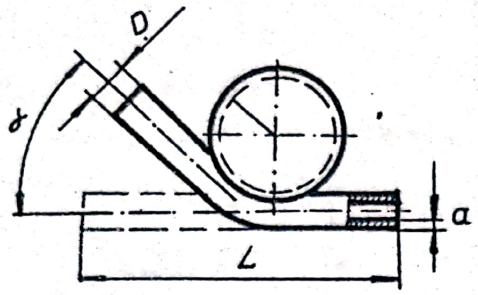


Fig.4.33. Schema încercării la îndoire la rece a ţevilor

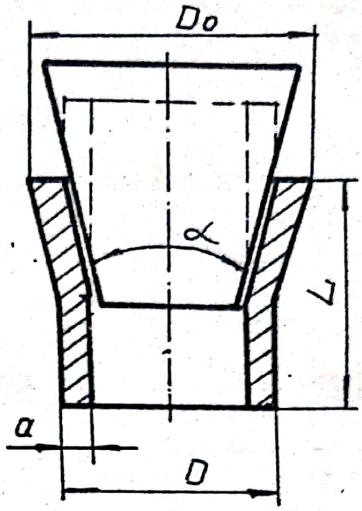
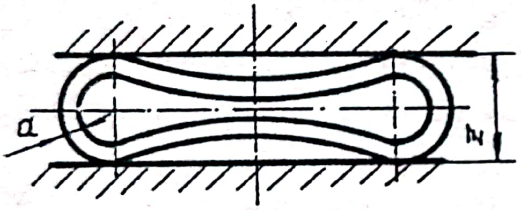


Fig.4.35. Schema încercării de lărgire a ţevilor



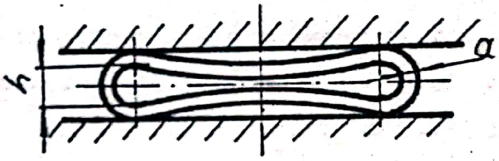


Fig.4.34. Schema încercării de aplatizare a ţevilor

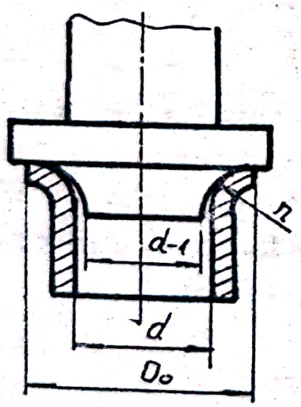


Fig.4.36. Schema de încercare la răsfrîngere a capetelor ţevilor

4.2.8. Incercarea prin scîntei

După forma şi culoarea fascicolului de scîntei se apreciază calitatea materialului metalic. Scînteile se produc la un polizor simplu sau la o maşină de încercat. Cantitatea şi forma scînteilor, lungimea fascicolului, culoarea, dau indicaţii asupra compoziţiei şi gradului de duritate al metalului. Cu cît metalul e mai dur, scînteile sînt mai puţine şi mai scurte; cu cît oţelul are mai mult carbon, scînteile sînt mai dese şi cu cît oţelul e mai aliat scînteile sînt mai stinse etc.

4.3. Incercările structurale şi de control

Cunoaşterea structurii şi compactităţii unui metal sau aliaj, a omogenităţii sale chimice şi structurale stă la baza utilizării materialelor metalice pentru fabricarea pieselor în construcţia de maşini, piese cu un rol funcţional bine precizat.

In general, determinarea naturii structurale a unui metal se face în completarea naturii lui chimice, respectiv se bazează pe cunoaşterea compoziţiei chimice a materialului.

Structura metalului se studiază prin două feluri de metode:

a. Metode indirecte, prin care se pune în evidenţă aspectul structurii la un moment dat sau în evoluţie, în urmărirea valorii sau variaţiei unor proprietăţi fizice ca şi prin studiul relaţiei dintre curba de variaţie a caracteristicii considerate şi structura după diagrama de echilibru în condiţiile încercării.

Dintre metodele indirecte mai importante amintim:

- studiul fuzibilităţii (urmărirea topirii şi solidificării în funcţie de compoziţie);
- studiul conductibilităţii electrice, termice etc.;
- studiul dilatometric;
- studiul proprietăţilor magnetice etc.

b. Metode directe, metode care se referă direct la structura şic compactitatea şi omogenitatea materialului dat dintre acestea mai importante fiind: metodele macroscopice şi microscopice. O cuprindere mai largă a metodelor le împarte pe acestea în două categorii:

- metode metalografice (macrografie, microscopie optică şi electronică etc); metode studiate la disciplina studiul metalelor;
- defectoscopice nedistructive (cu lichide penetrante, magnetice, cu ultrasunete, cu raze X şi gama etc).

4.3.1. Determinarea micro şi macrostructurii

Structura unui material metalic se poate pune în evidenţă prin două moduri: macroscopic şi microscopic.

a. Metodele metalografice studiază structura metalelor şi aliajelor pe una sau mai multe probe prelevate din material sub formă de table sau profile laminate, piese turnate, forjate sau prelucrate prin aşchiere. Aspectul structural se poate studia macro şi cu ochiul liber sau o lupă de putere mică pe probe nepregătite sau pregătite, dîndu-se indicaţii asupra unor defecte de tratament sau prelucrare (structuri de suprafaţă, defecte su-

perficiale, structuri de forjare, trefilare, ruperi etc. Un studiu metalografic complet însă presupune prelevarea de material a unor probe care se supun pregătirii metalografice speciale. După şlefuirea probei se supun atacului cu reactivi speciali pentru examinare macro sau microscopică.

Examinare macroscopică presupune o putere de mărire liniară de la 10 pînă la 20 de ori. Studiul se bazează pe contrastul dintre elementele de detaliu care permite identificarea unor defecte la scară macroscopică cum ar fi: grăunţi mari orientaţi diferit, zone ecruisate, zone de segregaţii şi structuri dendritice etc. In studiul macro intră şi probele Baumann ale figurilor de atac pentru a pune în evidenţă diferite incluziuni cum sînt cele de sulf, fosfor etc. In cadrul examinării macro intră şi studiul rupturii sau casurii fără o altă pregătire prealabilă a suprafeţei de rupere.

Examinarea microscopică presupune o putere de mărire liniară mult mai mare. Performanţele microscopului metalografic aparat utilizat în studiu fiind caracterizate de puterea de rezoluţie şi puterea de mărire.

Prin putere de rezoluţie se înţelege distanţa minimă dintre două puncte pentru care microscopul dă imagine distinctă şi e dată de relaţia:

$$d = \frac{\lambda}{A} = \frac{\lambda}{n \sin\alpha}$$

unde: d - puterea de rezoluţie în Å; λ - lungimea de undă a luminii monocromatice folosite; n - indicele de refracţie al mediului optic; α - jumătatea unghiului de deschidere a obiectivului, fig.4.37. Microscopul metalografic optic asigură mărimi pînă la 1.500 ori, referindu-ne la puterea de separare a microscopului. După sistemul de iluminare, cele mai bune microscoape sînt cele cu iluminare laterală ca în figura 4.38, pentru care distanţa între obiectiv şi probă trebuie să fie foarte mică. Metalografia modernă dispune de microscopul electronic la care puterea de rezoluţie ajunge la valori de cîţiva Å. Ca mat eriale pentru studiu la microscopul electronic servesc replicile din produse organice, bioxid de siliciu, grafit, metale, oxizi metalici depuse prin evaporare pe suprafaţa de studiat. Pentru siguranţă peste replică se de-

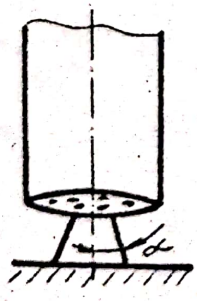


Fig.4.37. Unghiul de deschidere a obiectivului

pune din lateral un metal greu, fig.4.39.

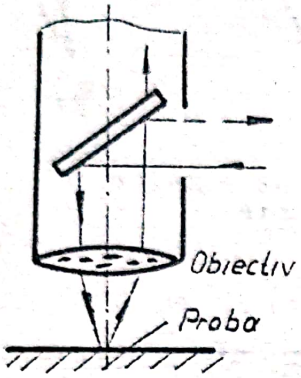


Fig.4.38. Sistem de iluminare laterală cu lamă de sticlă plan paralelă intermediară

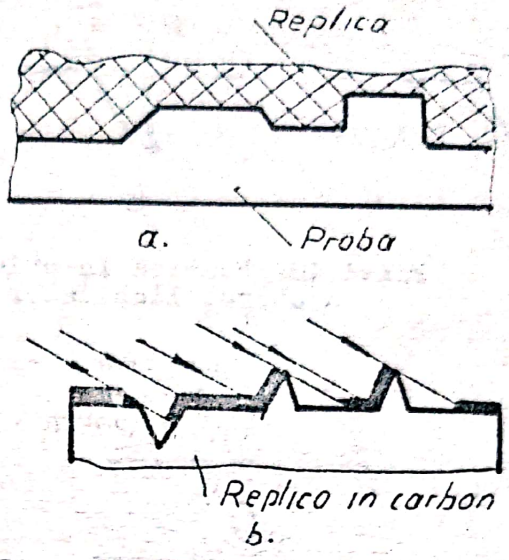


Fig.4.39. Formarea replicii.
a - depunerea replicii;
b - replica

4.3.2. Metode nedistructive de control

Pentru studiul structurii macroscopice a materialelor metalice, o mare importanţă prezintă metodele nedistructive în special în domeniul controlului calităţii pieselor, metode cunoscute sub numele de defectoscopie. Aceste procedee au la bază metodele fizice (bazate pe capilaritate, feromagnetism, radiaţii penetrante, ultrasunete), prin care se reuşeşte să se pună în evidenţă eterogenitatea macrostructurală superficială sau de profunzime. Dintre metodele cele mai utilizate, deosebim:

Metoda cu lichide penetrante se bazează pe pătrunderea capilară a unui lichid cu mare capacitate de umezire în pori, fisuri şi alte defecte superficiale. Vizualizarea defectului se face fie prin luminiscenţă datorită iradierii cu raze ultraviolete, fie prin colorare, fig.4.40. Dimensiunile minime ale defectelor ce pot fi depistate cu această metodă sînt de 0,01 mm lăţime şi 0,03 - 0,005 mm adîncime; este o metodă simplă şi de cost redus.

Metoda magnetică, fig.4.41, se aplică materialelor feromagnetice şi se bazează pe dispersia de către o eterogenitate (defect) a fluxului magnetic care ar străbate piesa, fig.4.41.Cîmpul magnetic se obţine cu ajutorul unor electromagneţi puternici sau la trecerea curentului prin piesa de examinat.

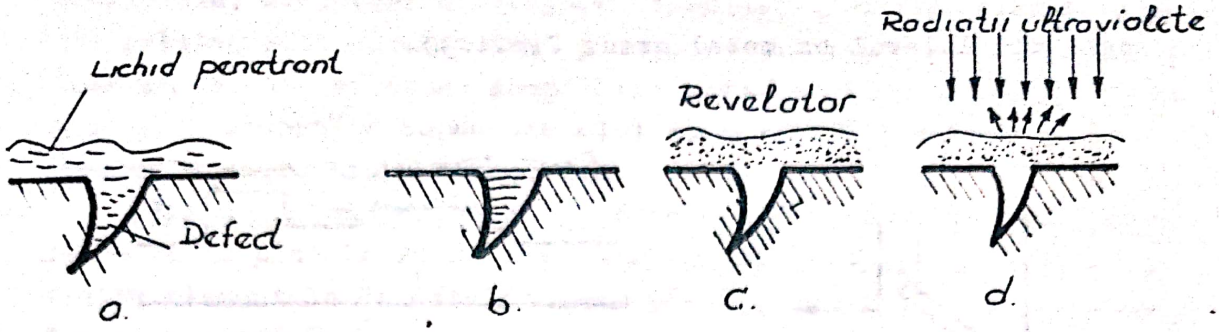


Fig.4.40. Punerea în evidenţă a defectelor cu ajutorul lichidelor penetrante

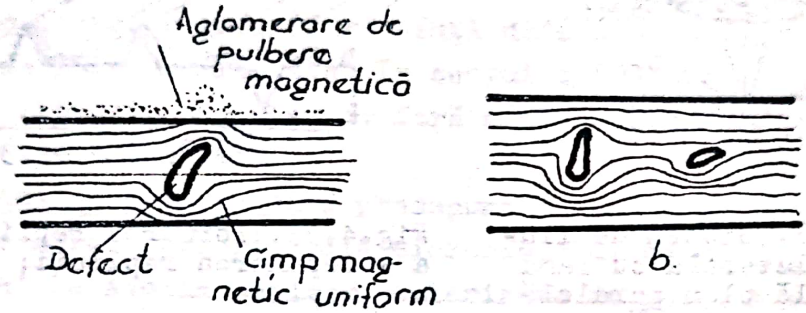


Fig.4.41. Principiul defectoscopiei magnetice
a - aglomerarea pulberii în zona defectului;
b - influenţa poziţiei defectului

Metoda cu radiaţii penetrante se bazează pe absorbţia de către corpurile metalice a radiaţiilor penetrante (X, gama sau neutroni). Intensitatea radiaţiei la trecerea printr-un corp variază cu expresia:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha \cdot D}$$

unde: I_0 - intensitatea iniţială; D - grosimea corpului; α - un coeficient de atenuare care creşte cu densitatea corpului.

Metoda se poate aplica radioscopic (vizual) sau a radiografic. Principiul metodei se dă în figurile 4.42 şi 4.43. La înregistrarea pe film sau placă foto contrastul şi, calitatea imaginii sînt influenţate de: densitatea razelor, mărimea focarului, mărimea distanţei de la focar la film, radiaţii disperse etc. In general, metoda radioscopică este mult mai rapidă obţinîndu-se imaginea negativă a piesei pe un ecran fluorsscent, metoda este însă puţin răspîndită ca urmare a nocivităţii şi periculozităţii. Cele mai bune metode sînt metodele radiografice care oferă ca probă martor filmul defectului studiat. Astfel, în cazul folosirii razelor X grosimea maximă a pieselor de oţel fiind de 120 mm, radioscopia are sensibilitate de 8 - 15 %, radiografia numai

de 1 - 2 %. Folosirea razelor gama sau a fascicolelor de neutroni permite creşterea grosimii D la 300 mm şi respectiv la 500 mm dar sensibilitatea scade substanţial.

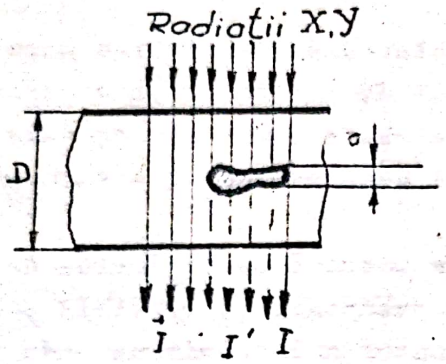


Fig.4.42. Principiul defectoscopiei cu raze penetrante

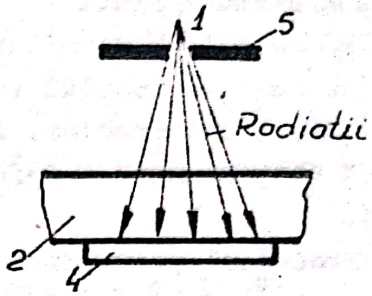


Fig.4.43. Schema metodei radiografice
1 - sursa metodei de radiaţie;
2 - piesa cercetată; 3 - defect;
4 - casetă cu film; 5-diafragmă

Metoda cu ultrasunete - fig.4.44 - se bazează pe unele proprietăţi ale ultrasunetelor de a-şi modifica intensitateá la propagarea lor printr-un mediu cu eterogenităţi sau de a fi reflectate de eterogenităţi. Ca sursă de ultrasunete servesc cele obţinute pe cale piezoelectrică sau pe cale magnetostrictivă.

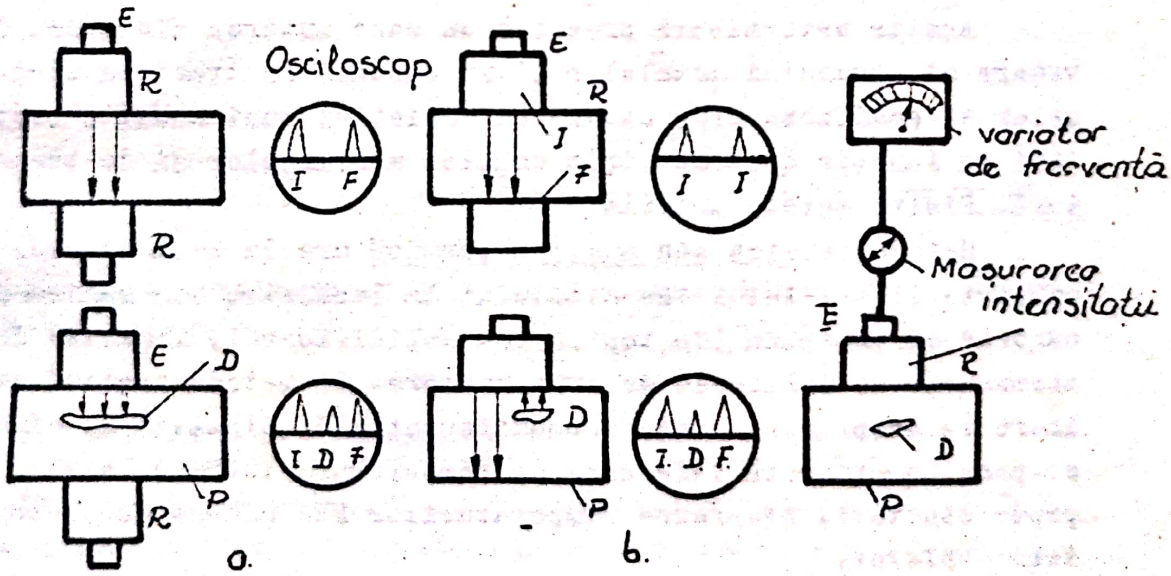


Fig.4.44. Principiul metodelor cu ultrasunete. a - procedeul prin transmisie; b - procedeul prin reflexie; c - procedeul prin rezonanţă; E - emiţător ultrasunete; p - piesă de cercetat; R - palpator; D - defect (impulsul de la defect) I - impuls iniţial; F - impuls de pe peretele opus

- Procedeul prin transmisie se foloseşte în cazul cînd undele ultrasonore emise de un generator se află pe partea opusă, fig.4.44-a. La apariţia unei eterogenităţi intensitatea undelor recep$ionate se modifică punînd în evidenţă defectul pe un osciloscop sau alt aparat.

- Procedeul prin reflexie se bazează pe emiterea unui impuls şi recepţionarea ecoului reflectat de partea opusă a piesei sau de un defect intermediár, fig.4.44-b. Această metodă pune în evidenţă şi profunzimea defectului dacă se face o etalonare prealabilă.

- Procedeul prin rezonanţă se bazează pe obţinerea de unde ultrasonore staţionare între eterogenitate şi peretele piesei, prin modificarea în mod corespunzător a lungimii de undă a ultrasunetului.

Metoda de control cu ultrasunete are o largă aplicabilitate, este simplă, rapidă, eficace. Astfel, la metoda reflexiei grosimea pieselor variază de la 3 - 5 mm pînă la 1 m la metoda transmisiei de la 0,5 mm pînă la 200 mm, iar la metoda rezonanţei grosimea merge pînă la 400 mm. Singurul dezavnaj al metodei îl constituie faptul că informaţiile nu ne dau şi date asupra formei şi dimensiunilor defectului.

4.4 - Metode de determinare a proprietăţilor fizice

Aceste determinări prezintă un mare interes din punct de vedere al studiului metalelor şi în special în trasarea diagramelor de echilibru prin studierea variaţiei unei anumite proprietăţi în funcţie de compoziţia chimică a aliajelor şi de temperatură. Dintre metode amintim:

Metoda termică sau analiza termică are la bază studiul comportării metalului sau aliajului la încălzire sau răcire pe curbele de urmărire (de topire sau solidificare), fig.4.45 determinîndu-se palierele de transformare. Ca metodă precisă de lucru se desprinde metoda termodiferenţială, fig.4.45-a, cînd se pune în evidenţă diferenţa de temperatură între un etalon şi proba studiată, măsurarea temperaturilor făcîndu-se cu ajutorul termocuplelor.

Metoda dilatometrică serveşte pentru determinarea punctelor critice prin observarea discontinuităţilor pe curba dilataţie-temperatură, fig.4.46. Se cunosc varianta diàatometrică directă şi metoda dilatometrică diferenţială.

Scanned with OKEN Scanner

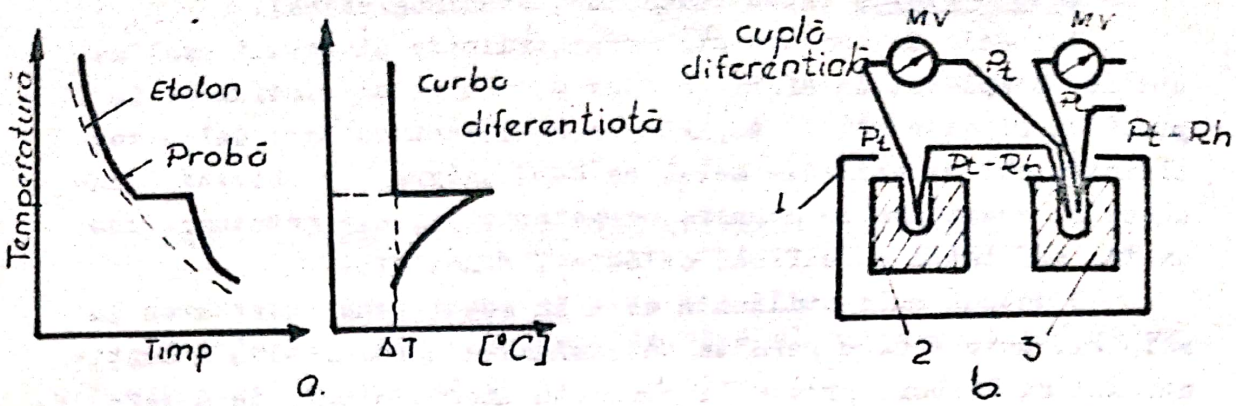


Fig.4.45. Schema analizei termice. a - curba de răcire; b - schema instalaţiei pentru analiza diferenţială; 1 - cuvă; 2,3 - creuzete

Metoda termomagnetică - fig.4.47 - se bazează pe variaţia feromagnetismului aliajelor feroase cu compoziţia chimică şi temperatura; mai precis, este vorba de pierderea sau dobîndirea în timp a proprietăţilor magnetice a diferitelor aliaje feroase cu variaţia temperaturii. Se trasează astfel o diagramă $\alpha = f(t)$, fig.4.47-b, care determină cantitatea de fază feromagnetică existentă.

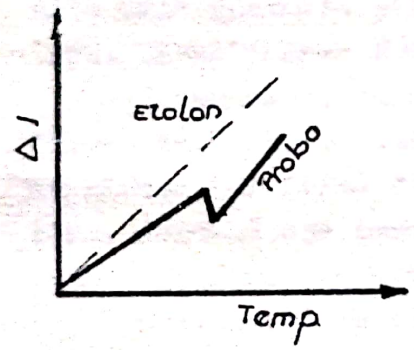


Fig.4.46. Curbe obţinute la analiza dilatometrică

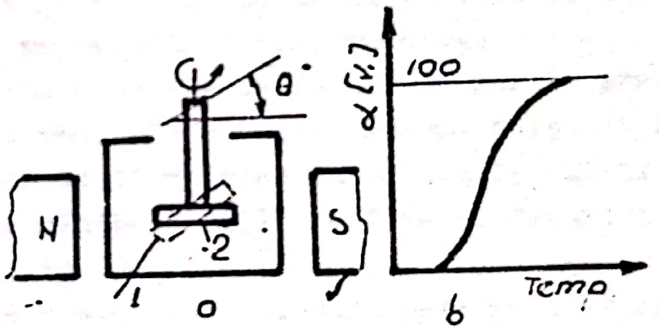


Fig.4.47. Schema metodei termomagnetice. a - schema instalaţiei; b - diagrama cantităţii de fază feromagnetică, în %

4.5 - Metode de determinare a compoziţiei chimice

In aprecierea calităţii unui material metalic şi în direcţia cunoaşterii posibilităţilor lui de îmbunătăţire a proprietăţilor pe calea unor procedee de prelucrare mecanică sau termică, de mare importanţă este cunoaşterea compoziţiei chimice a materialului considerat. Determinarea compoziţiei chimice se poate face pe următoarele căi:

- metode de analiză chimică (calitativă, cantitativă);
- metode fizico-chimice (polarografice, fotocolorimetrice, cromatografice);

- <u>metode fizice</u> (spectroscopice, spectrografice).

Metodele de mai sus sînt standardizate şi permit analize chimice complete. In afara acestor metode se mai întîlnesc în practică şi alte metode empirice sau subiective care delimitează între ele materialele metalice după natura lor chimică luîndu-se în consideraţie anumite caracteristici ale acestora, cum ar fi: greutatea specifică, culoarea, sunet etc.

O metodă mult utilizată este în acest sens încercarea la scîntei, metodă care permite determinarea aproximativă a conţinutului de carbon, precum şi prezenţa unor elemente de aliere, pînă la identificarea unor mărci de oţel.

Scanned with OKEN Scanner

Partea II-a

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

Cap.5. GENERALITATI PRIVIND METALURGIA EXTRACTIVA

Metalurgia generală cuprinde studiul extragerii metalelor din minereuri precum şi studiul proprietăţilor acestora şi a procedeelor de transformare în produse utile. După natura metalelor cu care operează metalurgia, se disting două ramuri:

- metalurgia firului şi aliajelor sale sau siderurgia;
- metalurgia metalelor şi aliajelor neferoase.

La rîndul ei, siderurgia se împarte în:

- siderurgia extractivă care cuprinde totalitatea operaţiilor de extragere a metalelor şi aliajelor industriale de fier direct din minereu (fonta de prima fuziune);
- siderurgia prelucrătoare, care se ocupă cu prelucrarea fontelor de primă fuziune şi cu transformarea în produse semifabricate prin operaţii primare de elaborare, turnare, deformare plastică. Clasificarea făcută se aplică şi neferoaselor.

In general, în natură, metalele se întîlnesc rar în stare liberă sau"nativă" (uneori metalele nobile); în mod obişnuit ele se găsesc sub formă de combinaţii chimice cu oxigenul, sulful etc., formînd aşa numitele minerale utile cu diverse denumiri ca: oxizi, sulfuri, carbonaţi etc.

Conţinutul în metale a scoarţei terestre este relativ scăzută: - 76 % din scoarţă din nemetale (46 % oxigen şi 28 % siliciu etc); - 18 % metale uşoare (din care aluminiu 8 %, magneziu 2 %); - 6 % metale grele (din care fierul 4 %, restul neferoase: cupru, 0,01 %; nichelul 0,018 %; plumbul 0,003 %; aurul 0,0000006 %).

In pămînt (zăcămînt), mineralele utile sînt amestecate cu rocile sterile, din substanţe minerale neutile, petroase sau pămîntoase, ca nisip, argilă, calcar etc. care formează ganga sau sterilul. Amestecul intim dintre mineralele utile (combinaţii metalice) şi minerale neutile (ganga), poartă numele de "minereu".

Minereu este de fapt un termen mai mult economic decît mineralogic, în industrie considerîndu-se minereuri numai aceles

din care se poate extrage în mod rentabil un metal sau aliaj.In acest sens, minereurile trebuie să satisfacă următoarele condiţii:

- să conţină în procent apreciabil mineralul util;
- metalul să fie de mare valoare;
- metalul să se poată extrage uşor din minereu;
- aşezarea geografică şi apropierea de căile de transport;
- cantitatea care este în zăcămînt.

Pe de altă parte minereul odată extras, nu totdeauna constituie direct materia primă pentru metalurgia extractivă. Metalurgia extractivă operează mult mai economic dacă minereurile sînt supuse în prealabil unei preparări pentru îmbogăţire în element util, preparare care se poate face atît pe cale mecanică cît şi pe cale chimică.

5.1. Materiale metalice întrebuinţate în construcţia de maşini

In tehnică, prin materiale metalice se înţeleg metalele şi aliajele. După tabloul lui D.I.Mendeléev din cele 103 corpuri simple numite elemente chimice, 68 sînt metale iar restul sînt metaloizi (nemetale).

Metalele ca elemente chimice sînt corpuri solide la temperatura mediului ambiant cu excepţia mercurului şi prezintă structură cristalină de care depind proprietăţile fizico-chimice, mecanice şi tehnologice ale lor.

Toate metalele sînt opace pentru lumina naturală obişnuită, prezintă un luciu metalic caracteristic, plasticitate, conductivitate electrică şi termică ridicate. Metalele sînt monoatomice şi formează deobicei oxizi cu caracter bazic; ionii metalelor sînt electropozitivi.

In ce priveşte metaloizii cum ar fi: fosforul, sulful,clorul etc., nu pot avea proprietăţile caracteristice metalelor.

Metalele pure sînt rar utilizate în industrie atît din punct de vedere al preţului de cost cît şi al proprietăţilor,cel mai adesea majoritatea metalelor se întrebuinţează sub formă de aliaje cu proprietăţi superioare.

Aliajele sînt combinaţii chimice, soluţii solide sau amestecuri obţinute în mod obişnuit prin topireq împreună sau difuziunea între două sau mai multe metale şi metaloizi, dintre care cel puţin unul este metalul de bază. Cu alte cuvinte, aliajul este format dintr-un metal principal la care s-au adăugat alte

elemente metalice sau nemetalice numite componente ale aliajului. Prin adăugarea elementelor de aliere chiar şi în cantităţi foarte mici în metalele de bază, se constată în general îmbunătăţirea proprietăţilor acestora. Prin aceasta se urmăreşte obţinerea unor aliaje cu diverse caracteristici fundamentale cum sînt: cu rezistenţă mecanică şi duritate mare; rezistenţă la uzură; rezistente la temperaturi ridicate; rezistente la acţiunea mediilor corozive. De cele mai multe ori, metalele şi aliajele conţin şi unele elememnte însoţitoare provenite din componentele de la elaborare,elemente care constituie impurităţi şi au influenţă nefavorabilă asupra proprietăţilor aliajului. In acest scop, la elaborare se urmăreşte cît mai mult să se îndepărteze aceste impurităţi, realizîndu-se soluţii de elaborare perfecţionate care să conducă la purificarea aliajului.

In afară de compoziţia chimică, proprietăţile aliajelor depind în mare măsură şi de structura lor. Structurile aliajelor pot fi modificate atît prin diferite prelucrări tehnologice cît şi prin diverse tratamente termice şi termochimice.

Metalele şi aliajele pot fi împărţite în două mari categorii: - metale şi aliaje feroase; - metale şi aliaje neferoase.

In prima categorie intră fierul şi aliajele lui cum sînt: oţelul de carbon, oleţurile aliate, fontele cenuşii, fontele albe, fontele maleabile, fontele nodulare, fontele aliate etc.

In categoria dpua intră metalele neferoase cum sînt: cuprul, aluminiul, magneziul, zincul, plumbul, staniul, nichelul, cromul, wolframul, molibdenul, titanul etc. şi aliajele lor.

Din numărul foarte mare de metale cunoscute, de cea mai mare importanţă pentru tehnică, amintim: fierul, cuprul, aluminiul, zincul, plumbul, staniul, nichelul etc.

Utilizarea lor pe scară largă în industrie se justifică atît prin proprietăţile ce le posedă cît şi prin cantităţile mari în care există în scoarţa pămîntului ca şi prin uşurinţa extragerii lor din minereu. Din totalul metalelor şi aliajelor pe plan mondial, fierul şi aliajele sale deţine o pondere de peste 90 %.

Alte metale cum ar fi de pildă wolframul, cobaltul, molibdenul, titanul, vanadiul, niobiu etc. se găsesc în cantităţi mici în natură, în schimb sînt foarte mult folosite în aliaje pentru îmbunătăţirea oţelurilor şi fontelor.

De asemenea, alte metale cum sînt: manganul, cromul, stibiul etc. greu prelucrabile, sînt folosite ca elemente de aliere în oţeluri sau aliaje speciale.

Scanned with OKEN Scanner

Multitudinea proprietăţilor materialelor metalice face ca acestea să fie utilizate în cele mai diverse ramuri ale industriei, cum sînt:

- pentru construcţia de piese de maşini care lucrează la viteze mari şi puteri mari, cînd materialele metalice au o bună rezistenţă mecanică şi în special la uzare;
- în industria prelucrătoare pentru scule aşchietoare cu capacitate mare de lucru şi de mare durabilitate;
- în construcţia de cazane, de motoare cu reacţie, rachete, nave cosmice, metalele trebuie să posede proprietăţi ridicate la temperaturi înalte, rezistenţă la coroziune etc.;
- în industria electrotehnică se utilizează metale şi aliaje cu proprietăţi,electrice şi magnetice corespunzătoare.

In general, alegerea materialelor şi aliajelor în tehnică se face, după natura eforturilor funcţionale a pieselor respectiv după rezistenţa necesară la dimensiunile minime ale piesei, satisfăcînd în acelaşi timp costurile de fabricaţie şi estetica.

Actualmente în practică se găseşte o gamă foarte largă de materiale metalice (cîteva mii de aliaje) iar diversificarea lor continuă, ca urmare a dezvoltării impetuase a tehnicii.

5.2. Minereurile şi prepararea lor

5.2.1. Prepararea mecanică a minereurilor

Scopul preparării mecanice este îmbogăţirea minereului în mineral util şi aducerea lui la forme fizice convenabile din punct de vedere al necesităţii metalurgiei extractive ulterioare. In general, metalele se obţin din minereuri prin operaţii de preparare mecanică urmate de operaţii metalurgice, de extracţie după următorul traseu tehnologic:

minereu brut → concentrat (prep. mec.) → metal brut (extracţie metalurgică) → metal tehnic pur (afinare metalurgică)

Prepararea mecanică urmăreşte desprinderea şi îndepărtarea sterilului din minereu, precum şi separarea şi concentrarea substanţelor minerale utile, pe specii minerale. După preparare mecanică se obţine concentratul care are calităţi superioare minereului. Operaţiile preparării mecanice sînt: - sfărîmare şi clasare; - sortare şi concentrare.

- Sfărîmarea urmăreşte desfacerea asociaţiilor de minerale unele de altele iar în al doilea rînd realizează mărimea fizică necesară pentru uşurinţa prelucrării metalurgice ulterioare.

Sfărîmarea se realizează prin operaţii de presare, strivire, lovire şi frecare în trepte pînă la gradul de fineţe dorit, după cum urmează:

+ - Sfărîmare preliminară sau antezdrobirea folosind ca utilaj concasoarele cu fălci sau rotative, fig.5.1; 5.2, bucăţile de minereu obţinute avînd dimensiunile de 20 - 30 mm.

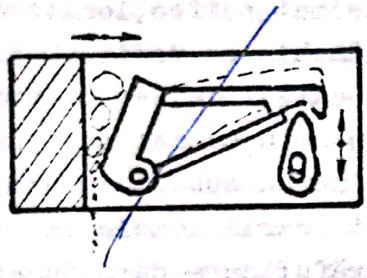


Fig.5.1. Concasor cu fălci

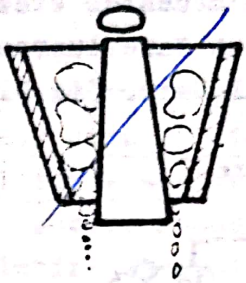


Fig.5.2. Concasor conic rotativ

+ - Sfărîmarea intermediară care urmăreşte mărunţirea minereului pînă la dimensiuni de ordinul milimetrilor, folosind pentru aceasta concasoare cu cilindri sau concasoare conice rotative.

Cilindrii sînt din oţel carbon rezistenţi la uzură prin şoc, au tăblia netedă sau caneluri.

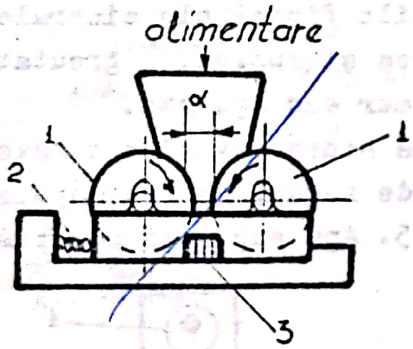


Fig.5.3. Concasor cu cilindri. 1 - cilindri; 2 - resort; 3 - ajutaj de ieşire

* - Sfărîmarea fină, prelucrează minereul pînă la dimensiuni de ordinul zecimilor de milimetru folosind ca utilaje mori pendulare, mori cu bile etc.,sfărîmarea făcîndu-se atît pe cale umedă cît şi pe cale uscată.

- Clasarea. Intrucît de la sfărîmare nu toate particolele au aceeaşi dimensiune, se impune clasarea sau separarea pe clase de dimensiuni care se poate face:

- Volumetric, care se execută prin cernere sau ciuruire cu grătare, ciururi sau site fixe sau mobile. Această clasare se foloseşte pentru minereuri sfărîmate la dimensiuni de peste 0,5 - 1,0 mm. Grătarele sînt prevăzute cu vergele de secţiune specială, astfel ca frecarea dintre ele şi minereu să fie cît mai mică. Inclinaţia grătarului este 30 - 40° şi clasează cel mai bine bucăţi de 50 - 200 mm.

Sitele sînt construite din plage sau bandă perforată şi clasează bucăţi de 50 - 0,1 mm diametru. Ca funcţionare sitele

pot fi plane vibrante, oscilante, rulante sau cilindrice şi tronconice rotative cu funcţionare uscată sau umedă.

- Gravimetric, în curent de apă sau aer, aplicabil la minereurile în bucăţi sub 0,5 - 1,0 mm. Clasarea gravimetrică se bazează pe viteza limită de cădere în apă a granulelor, viteză ce variază la diferite minerale după mărime şi greutatea specifică. Utilajele folosite cuprind: labirinte, canale unghiulare, clasoare mecanice etc., unul din cele mai perfecţionate clasoare mecanice care lucrează în circuit închis cu mori cu bile, este clasorul Dorr, fig.5.4. Clasarea în curent de aer se face pe acelaşi principiu ca mai sus pentru particule de minereu sub 1 mm. Utilajele folosite mai poartă numele de cicloane sau desprăfuitoare care funcţionează în regim uscat.

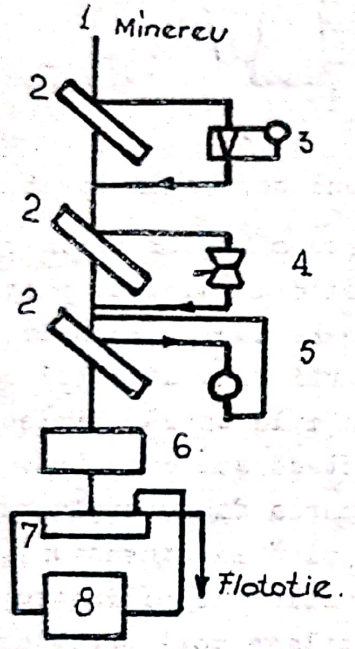


Fig.5.4. Clasorul Dorr. 1 - minereu; 2 - sită plană; 3 - concasor cu fălci; 4 - concasor conic; 5 - cilindri de sfărîmare; 6 - siloz; 7 - clasor; 8 - moară cu bile

+ Sortarea şi concentrarea. Acestea sînt operaţii ce urmăresc separarea mineralelor utile clasate după specii. Această operaţiune se bazează pe caracteristicile fizice ale mineralelor: - culoarea şi luciul, - greutatea specifică în aer sau apă etc.

Sortarea hidrogravitică se execută pe maşini de zeţaj, mese de spălare etc., fig.5. 5. Apa sub acţiunea pistonului capătă curenţi care separă mineralul util prin spălare de steril sub formă de tulbureală. Granulele de minereu se sedimentează pe sita 5 din figura 5.5, în ordinea greutăţii specifice.

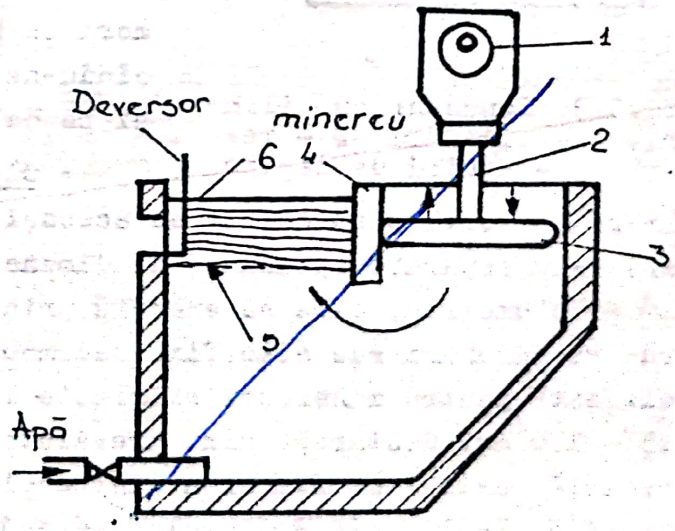


Fig.5.5. Baterie de spălare. 1 - manivelă; 2 - bielă; 3 - piston (50-300 curse/min); 4 - perete despărţitor; 5 - sită fixă; 6 - minereu

Mesele de spălare sînt suprafeţe înclinate cu 2 - 6° pe care tulbureala se scurge în sensul înclinării în strat subţire, diluat de un curent de apă. Particulele de steril şi mineral vor fi antrenate diferit ca viteză de transport şi această separare duce tocmai la sortare şi concentrare.

— Un alt procedeu, mult utilizat, este procedeul flotaţiei. Acest procedeu foloseşte proprietatea mineralelor utile de a pluti la suprafaţa apei cu toată greutatea specifică mai mare a acestora. Această plutire se realizează prin adsrarea particulelor minerale utile la suprafaţa unor bule de aer care le ridică astfel la suprafaţa tulburelii din vasul de flotaţie sub formă de spumă. Sterilul neîncorporat de bulele de aer cade pe fundul vasului de unde este îndepărtat. Capacitatea de plutire se poate mări prin introducerea unor reactivi chimici speciali stabilizatori de spumă la care aderă numai particulele utile, sterilul neudîndu-se. Ca spumanţi se folosesc: uleiul de pin, de creozot, de terebentină.

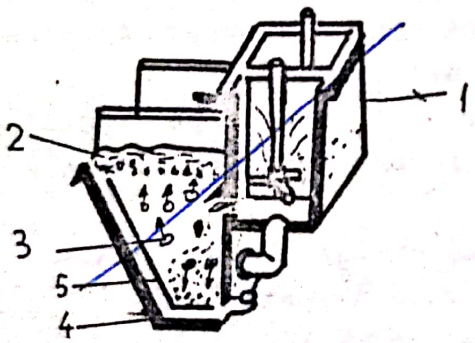


Fig.5.6. Vas de flotaţie.
1 - sistem de antrenare a bulelor de gaz; 2 - spumă sau tulbureală; 3 - bulă cu mineral util; 4,5 - nămol şi bulă cu steril

Aparatele de flotat, după modul de producere a bulelor de aer pot fi cu acţiune mecanică sau pneumatică.

Flotaţia poate fi şi diferenţială cînd minereul conţine mai multe specii de minerale utile. In figura 5.6 este dat principiul de lucru al flotaţiei.

După sortare-concentrare, produsul obţinut înainte de a lua drumul prelucrării metalurgice suferă operaţii de pregătire prin filtrare şi uscare termică în contracurent de gaze arse, după schemele din fig.5.7.

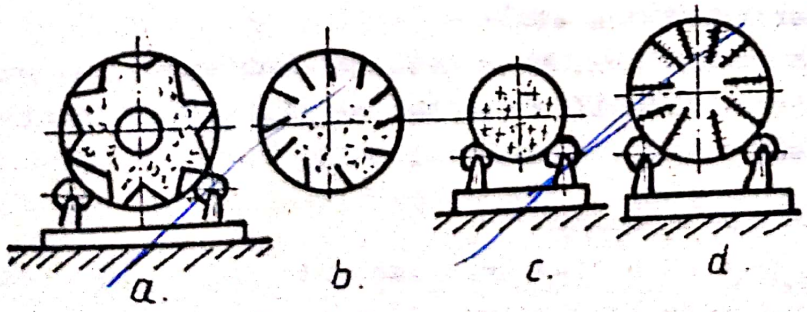


Fig.5.7. Diverse forme constructive de uscător pentru produsele de flotaţie

Alte metode de separare

- Separarea magnetică, se bazează pe permeabilitatea magnetică diferită a minereurilor, care variază crescînd cu creşterea procentului de metal şi oxigen din mineralul util şi descrescînd cu creşterea conţinutului de sulf. De exemplu, pirotina (FeS) e mai magnetică decît pirita (FeS_2).

- Separarea electrostatică, se bazează pe diferenţa de conductibilitate electrică dintre mineralul util şi steril.

Aceste procedee se folosesc tot mai mult în siderurgie.

5.3. Operaţiile metalurgiei extractive

Operaţiile metalurgice se pot grupa în două mari categorii:

- Operaţii de extragere a metalului brut din minereu sau concentrat (elaborare primară).

- Operaţii de afinare (purificare)a acestuia pentru obţinerea metalului tehnic pur (elaborare secundară).

După tehnica extragerii, în funcţie şi de natura materiei prime, se întîlnesc următoarele tipuri sau metode de extragere:

- pirometalurgice - cînd extragerea operează asupra minereului cu ajutorul căldurii (prin topire metalurgică);

- hidrometalurgice - cînd extragerea se bazează pe reacţii chimice în soluţii apoase a diferitelor combinaţii chimice ale mineralului util;

- electrometalurgice - cînd la baza extragerii stă electroliza soluţiilor apoase sau electroliza ignee a topiturilor.

Toate minereurile, indiferent de natura lor, (oxizi, sulfuri, carbonaţi, în stare nativă etc), în vederea elaborării metalului tehnic pur, trec prin următoarele operaţii metalurgice de bază:

- pregătitoare ca prăjirea şi aglomerarea;

- extractive ca topirea reducătoare, amalgamarea, electroliza cu anozi insolubili şi precipitarea cu un alt metal (cementarea, ceanurarea, dezargintarea etc);

- de afinare, prin diluare, prin oxidare (convertizare, cupelare), prin reducere, prin licuaţie sau segregaţie, prin absorbţie şi prin electroliză cu anozi solubili.

5.3.1. Operaţii pregătitoare

- Prăjirea, se face cu scopul de a îmbogăţi chimic minereul, prin arderea unor elemente în plus sau dăunătoare. Pe această cale se tratează minereurile sulfuroase eliberîndu-se de sulf

prin formarea de oxizi volatili (SO_2 etc). Prăjirea poate fi totală sau parţială.

— - Aglomerarea, este unirea minereului fin pulverulent în bucăţi sau bulgări mai mari. Această operaţie se aplică în general produselor de flotaţie. Căldura necesară se obţine prin arderea completă a sulfului. Cînd acesta nu-i suficient, se mai adaugă minereului cox drept combustibil. De fapt, temperatura ce se atinge (1200 - 1300°C), topeşte marginile grăunţilor şi umeşte concentratul în bucăţi, de unde aglomerarea se mai numeşte şi prăjire sinterizantă.

5.3.2. Operaţii extractive

— - Topirea reducătoare (reducerea), e principala metodă de extracţie şi se aplică de regulă minereurilor de tipul oxizilor. Indepărtarea oxigenului se face cu ajutorul carbonului sau a unor metale avide de oxigen, ca: Al, Si, Mg, cu care se amestecă oxidul metalic. Cărbunele joacă rol şi de combustibil şi de reducător, conform reacţiilor:

$$MeO + C \longrightarrow Me + CO\uparrow$$
$$MeO + CO \longrightarrow Me + CO_2\uparrow$$

Cînd minereul cuprinde şi minerale neutile, acestea se îndepărtează în zgură, cu sau fără adaos de fondanţi. Fondanţii se unesc cu ganga şi dau o zgură uşor fuzibilă ce pluteşte la suprafaţa metalului util topit. Ca fondanţi se folosesc: CaO, $CaCO_3$, SiO_2, FeO, MgO sau CO_3Mg etc.

— - Electroliza (cu anozi insolubili), este aşa numita electroliză ignee, care se aplică pe săruri metalice topite şi electroliză în general pentru soluţii apoase obţinute prin dizolvarea mineralelor utile în apă (electroliză umedă, procedeu hidrometalurgic). La trecerea curentului, metalele care se găsesc în electrolit vor merge sub formă de cationi spre anodul insolubil (grafit sau metal insolubil în electrolitul în cauză).

— - Amalgamarea se aplică metalelor nobile (Au, Ag, Pt etc) care se găsesc în natură în stare nativă sau liberă. Procedeul se bazează pe proprietatea acestor metale de a forma cu mercurul la temperatura ordinară aliaje numite amalgame. Prin încălzire apoi, mercurul se volatilizează şi se obţine un burete care purificat prin retopire cu fondanţi ne furnizează metalul dorit. Pentru amalgamare se folosesc minereuri sfărîmate sub 0,5 mm.

Scanned with OKEN Scanner

5.3.3. Operaţii de afinare

Acestea au scopul de a elimina impurităţile din metalul extras brut. Afinarea se aplică atunci cînd minereul fiind complex, metalul obţinut conţine o serie de elemente care trebuiesc îndepărtate. De multe ori, o singură operaţie de afinare nu e suficientă, fiind necesară o a doua afinare similară ca procedeu sau diferită, operaţii care constituie metoda de rafinare.

Principalele metode de afinare sînt:

- Metoda diluării, care constă în topirea împreună a unei cantităţi de metal brut cu altă cantitate bine dozată de metal mai curat, pentru a obţine un metal cu puritate medie.
- Metoda oxidării, se bazează pe arderea elementelor însoţitoare, cînd acestea sînt mai uşor oxidabile decît metalul de bază. Oxidarea se petrece la diferite temperaturi, ca agent oxidant folosindu-se: aerul (oxigenul), minereul oxidant sau săruri oxidante. Eliminarea impurităţilor în acest caz se face prin produse gazoase volatile sau prin produse de zgură uşor fuzibile.
- Metoda prin licuaţie - segregaţie, se bazează pe faptul că impurităţile au punct de fuziune mai coborît decît metalul.

Prin topirea înceată a metalului brut, mai întîi se topesc impurităţile care se elimină (licuaţie); prin răcire înceată mai întîi se solidifică metalul urmărit, care are temperatura de topire mai mare decît impurităţile şi se separă de acestea, aflate încă în stare lichidă (segregaţie). Exemplu de aplicaţie: afinarea plumbului (327°C) cu conţinut de staniu (232°C); zincul (410°C) cu conţinut de plumb (327°C) etc.

- Metoda absorbţiei, constă în adăugarea în metalul topit brut, a unui alt metal capabil să absoarbă impurităţile. Aşa se procedează la dezargintarea plumbului prin zincaj. Zincul absoarbe argintul în cantităţi mai mari (400 g/kg) decît plumbul(1 g/kg). Astfel plumbul se dezargintează iar argintul se recuperează din zinc prin licuaţie.
- Metoda reducerii, se aplică metalelor care conţin ca impurităţi oxizii lor proprii, cum e cazul cuprului sau oţelului. Reducerea se obţine prin adaosuri de substanţe dezoxidante avide de oxigen, impurităţile ce rezultă eliminîndu-se în stare gazoasă sau în zgură.
- Metoda electrolizei (cu anozi solubili), este metoda de afinare care dă metalele cele mai dure, folosindu-se mai mult ca metodă de rafinare (rafinare electrolitică). Metalul brut joacă rol de anod solubil iar drept catod se foloseşte metalul pur.

Scanned with OKEN Scanner

La trecerea curentului, metalul brut se dizolvă în electrolit şi metalul pur se depune la catod, impurităţile rămînînd în soluţie sau depunîndu-se pe fundul cuvei de electroliză sub formă de nămol anodic, care poate fi valorificat. Aşa se rafinează Cu, Au, Ag, Ni, Pb etc.

— - Metoda distilării, se aplică la afinarea metalelor cu punct de fierbere (vaporizare) la temperaturi joase cum sînt: Hg, Zn, Cd etc. Prin distilare fracţionată se pot obţine metale de puritate spectroscopică (99,999 %).

Metoda distilării se aplică şi ca operaţie de extracţie metalurgică, în cadrul topirii reducătoare a oxizilor. Cînd temperatura de reducere o depăşeşte pe cea de fierbere, metalul obţinut este sub formă de vapori şi se recuperează prin condensare (de exemplu sublimarea zincului).

Cap.6. METALURGIA ALIAJELOR FEROASE

Aliajele feroase, care fac obiectul preocupărilor din acest capitol, sînt aliajele fierului chimic pur împreună cu carbonul şi avînd ca elemente însoţitoare inerente manganul, siliciul, sulful şi fosforul.

Aliajele de bază ale fierului cu carbonul sînt fontele şi oţelurile. La baza împărţirii lor în aceste categorii stă în principal conţinutul de carbon. Astfel:

— Fontele sînt aliaje fier-carbon cu un conţinut de peste 2 % carbon, restul elementelor (Si, Mn, P, S) fiind în procente admisibile. Fontele se caracterizează prin: - topire relativ uşoară (1050 - 1250°C); - turnare uşoară (are bună fluiditate); - nu suportă deformaţii plastice la cald sau la rece (adică nu se poate lamina, forja, trage etc).

— Oţelurile, sînt aliajele fierului cu carbonul pînă la 2 % carbon, restul elementelor (Si, Mn, P, S) fiind în procente admisibile. Oţelurile se topesc şi se toarnă mai greu, în schimb prin încălzire devin plastice şi se pot astfel uşor prelucra prin deformare plastică la cald (lamina, forja etc).

Ne vom ocupa în acest capitol numai de prima parte a siderurgiei fierului şi anume de siderurgia extractivă şi o parte din siderurgia prelucrătoare (restul siderurgiei prelucrătoare constituind obiectul capitolelor următoare).

Elaborarea aliajelor fier-carbon trece prin următoarele

Scanned with OKEN Scanner

faze: - prepararea minereului de fier; - elaborarea fontei brute, a fontelor speciale şi a feroaliajelor; - elaborarea oţelului lichid şi a semifabricatului, în vederea laminării brute.

Elaborarea aliajelor fier-carbon se bazează în general pe un ansamblu de operaţii efectuate în cuptoare metalurgice de topit specifice, cînd se produc procese chimico-metalurgice de extragere a aliajului industrial din minereu, în vederea turnării în piese brut turnate (cazul fontelor şi oţelului turnat) sau în semifabricate pentru laminare (lingoul de oţel).

Toate procedeele de elaborare presupun topirea încărcăturii cuptorului, în baia lichidă producîndu-se apoi transformările chimice necesare procesului de elaborare, cum ar fi: oxidarea, reducerea, carburarea etc.

Astfel, topirea reducătoare este operaţia specifică elaborării fontei în furnal, cînd din minereu se obţine fonta lichidă prin operaţia de carburare a fierului, iar oxidarea este operaţia fundamentală a afinării fontei lichide pentru obţinerea oţelului. O schemă completă a siderurgiei şi metalurgiei fierului se vede în figura 6.1.

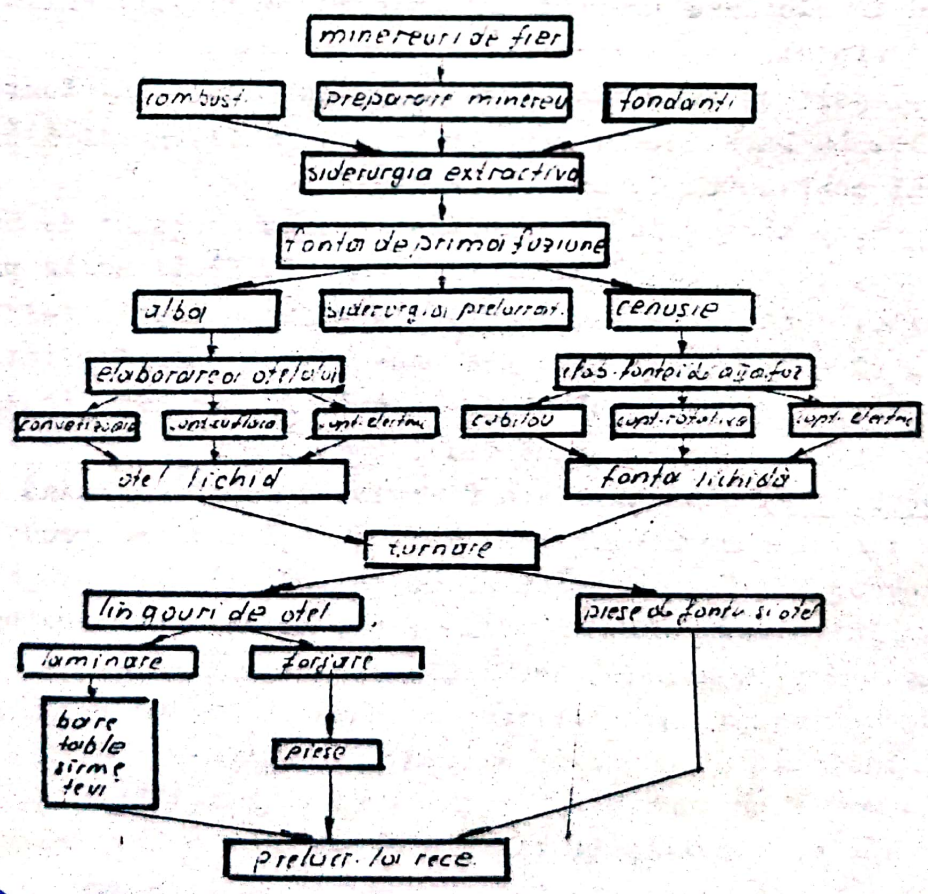


Fig. 6.1. Schema siderurgiei şi metalurgiei fierului

Se observă că, plecînd de la minereurile de fier, se trece printr-o primă fază, siderurgia extractivă, în urma căreia se obţine fonta de prima fuziune. In faza a doua, siderurgia prelucrătoare, se obţin din fontă brută, fontele de a doua fuziune (sau fontele mecanice pentru piesele metalice de maşini) şi oţelurile, ambele în stare lichidă, care apoi prin turnare conduc la piese de fontă sau oţel turnat, sau se obţin lingouri de oţel care vor servi ca materie primă laminării, forjării, prelucrării la rece etc.

Siderurgia, trebuie să arătăm că, joacă un rol preponderent în economia naţională a oricărui stat. Gradul de dezvoltare industrială a unei ţări se apreciază la scara internaţională şi prin producţia anuală exprimată în milioane tone, de fontă, oţel şi cărbune. Siderurgia şi industria grea stă la baza dezvoltării tuturor ramurilor economiei naţionale. Noi avem tradiţii în exploatarea siderurgică dar trebuie să arătăm că la capacităţile actuale, în ceea ce priveşte nevoile de cocs şi minereu, acestea nu se acoperă nici în proporţie de 50 % din resursele ţării, fiind necesare colaborări cu alte state în cadrul diviziunii internaţionale a muncii.

Prin dezvoltarea şi modernizarea vechilor centre siderurgice (Reşiţa, Hunedoara, Vlăhiţa etc) prin construirea marelui combinat siderurgic de la Galaţi şi a celui de la Călăraşi, s-a ajuns ca producţia globală anuală a ţării noastre să atingă aproape 2o milioane tone oţel anual, dintre care, o mare pondere o deţin laminatele finite precum şi oţeluri aliate de înaltă calitate. Actualul cincinal prevede sporuri şi mai mari, intensificînd şi mai mult ritmul de fabricaţie în vederea acoperirii la maximum a necesităţilor reclamate de construcţia bazei materiale a socialismului în ţara noastră.

6.1. Metalurgia fontei

6.1.1. Materii prime pentru elaborarea fontei

Materiile prime pentru elaborarea fontei se împart în două mari grupe:

- materii prime de bază: minereuri de fier, mangan şi adaosuri bogate în fier;
- materii prime auxiliare: conbustibili (cocs, mangal), fondanţi, materiale refractare.

6.1.1.1. Minereurile de fier

După minereurile de aluminiu, minereurile de fier sînt cele mai răspîndite în scoarţa pămîntului. Fierul nu se găseşte liber în natură (cu excepţia celui meteoric), ci sub forma unor compuşi chimici caracteristici cum sînt oxizii de fier, anhidri şi hidrataţi, carbonaţii, sulfurile etc. Astfel: din categoria oxizilor fac parte:

- Magnetitul (Fe_3O_4 = $FeO.Fe_2O_3$), un tetraoxid de fier, fiind cel mai bogat în fier, cu un conţinut teoretic de 72,41 % fier şi practic (45÷70 % fier). Este magnetic, compact, de culoare neagră sau cenuşie; pe o placă de porţelan lasă o dungă neagră. Se reduce greu. Se găseşte în: Suedia, S.U.A., URSS, Peru, Mexic, Italia, India etc. La noi în ţară se extrage de la Băuţari şi Ocna de fier.

- Hematitul (Fe_2O_3) este un sesquioxid de fier, cu conţinut teoretic de 70 % fier şi practic de 50 - 60 % fier. In stare compactă este de culoare gri, iar pulverizat roşu-brun. E slab magnetic, pe porţelan lasă o urmă roşie (denumirea vine de la grecescul hema - sînge). Se reduce mai bine ca magnetita. Se găseşte în Germania, S.U.A., URSS, Anglia, Spania, Maroc etc. şi la noi la Ocna de fier.

- Limonitul este un oxid hidratat de fier, cristalin ($2Fe_2O_3.3H_2O$) şi amorf ($Fe_2O_3.nH_2O$). Teoretic, conţine pînă la 60 % fier, practic 25 - 50 % fier. E cafeniu sau galben, pe placa de porţelan lăsînd o urmă cafenie sau galbenă. Este nemagnetic, foarte uşor reductibil şi răspîndit mai ales în regiunile de mlaştină şi baltă. Se găseşte în URSS, Anglia, Austria, Spania, Germania etc. La noi, la Ghelar şi Teliuc.

Dintre carbonaţi, face parte siderítul ($FeCO_3$), cu un conţinut teoretic de 48,3 % fier, iar practic de 25 - 40 % fier. E gris-galben şi e foarte slab magnetic. Se găseşte în Germania, Anglia, Austria etc., la noi la Ghelar şi Teliuc.

Dintre sulfuri, cel mai răspîndit minereu este pirita (FeS_2) care conţine în stare naturală 48 - 50 % fier. Se foloseşte la fabricarea acidului sulfuric, prin desulfurare conţinutul în fier crescînd pînă la 65 %. Pirita desulfurată împreună cu alte minereuri se foloseşte la extragerea fierului.

In general, minereurile de fier nu se găsesc în stare separată, ci mai mult în amestec. Astfel, siderítul cu limonitul se găsesc la Ghelar şi Teliuc. Magnetitul şi hematitul se găsesc

la Ocna de fier.

- Condiţiile impuse minereurilor de fier. Nu toate minereurile sînt exploatabile. Un minereu de fier pentru a fi exploatabil industrial trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- conţinutul în fier, acesta variază în limite foarte largi, între 23 - 70 %. Minereurile pînă la 45 % fier sînt considerate sărace, iar peste 45 % fier se numesc bogate. Limita inferioară nu e rigidă, aceasta depinzînd mai ales de natura celorlalte minerale cu care este amestecat fierul;

- mărimea zăcămîntului minier, care determină amortizarea cheltuielilor de investiţii pentru exploatarea minieră şi preparare mecanică;

- accesibilitatea zăcămîntului minier şi costul transportului, care determină în principal preţul de cost al minereurilor la instalaţiile de prelucrare.

Factorii de mai sus privesc rentabilitatea exploatării miniere. La locul de utilizare minereurile trebuie să satisfacă şi la condiţiile suplimentare:

- conţinutul în elemente dăunătoare (S, P, As, Zn), deoarece:

- Sulful măreşte fragilitatea la roşu a metalului încălzit. Un minereu cu mai mult de 0,3 - 0,4 % sulf nu este admis în furnalul cu cocs.

- Fosforul măreşte fragilitatea metalului la temperaturi obişnuite (la rece); el este favorabil doar în ce priveşte mărirea fluidităţii la turnare;

- Arsenul este foarte dăunător, scade în mod considerabil rezistenţa mecanică a metalului.

- Zincul se evaporă şi antrenat de gaze, se depune pe zidăria refractară împiedicînd astfel funcţionarea normală a furnalului.

- conţinutul în elemente folositoare. Din acest punct de vedere unele minereuri, chiar dacă sînt sărace în fier, sînt foarte utile dacă conţin elemente ca: Ni, Cr, V, Co etc., aşa numitele minereuri polimetalice.

- Reductibilitatea minereurilor. Cu cît aceasta va fi mai bună, cu atît consumul de combustibil (cocs) la elaborare, va fi mai mic şi preţul de cost scade.

- Calitatea şi cantitatea sterilului (ganga). Cu cît aceasta este mai mare în cantitate, cu atît consumul de căldură şi fondanţi pentru topire va fi mai mare. De asemenea, interesează şi

caracterul chimic al sterilului; din acest punct de vedere, un minereu sărac cu gangă bazică (CaO, MgO) ne procură totuşi fonte mai ieftine în comparaţie cu un minereu mai bogat în fier dar cu gangă acidă (SiO_2, $Al2O_3$). In ultimul caz elaborarea necesită c mare cantitate de fondant şi se obţine o cantitate prea mare de zgură.

- Starea fizică a minereurilor care se referă la porozitatea şi dimensiunile bucăţilor de minereu. In general, un minereu cu cît e mai poros, cu atît e mai uşor reductibil; în acest sens un minereu pulbere sau prea grosolan trebuie preparat special înainte de introducerea în furnal.

6.1.1.2. Minereurile de magnan

Fontele brute (de furnal) utilizate la elaborarea oţelului, trebuie să conţină pînă la 3,5 % mangan. Dacă minereul de fier complex nu conţine minerale cu mangan, atunci în încărcătură se adaugă o cantitate corespunzătoare de minereu de mangan. Minereurile de mangan mai importante sînt: Piroluzita (MnO_2) cu 63,2 % mangan; manganitul ($Mn_2O_3.H_2O$), cu 65,5 % mangan; hausmanitul (Mn_3O_4); branitul ($3Mn_2O_3$, $MnSiO_3$) cu pînă la 70 % mangan etc. Zăcămintele cu minereu de mangan sînt rare şi scumpe, se găseşte în URSS, Brazilia, India, Spania, R.S.R. etc.

6.1.1.3. Adaosuri bogate în fier

Ele constituie în general, deşeuri de la alte procese metalurgice dintre care amintim:

- zgurile diferitelor procese metalurgice, cum sînt cele de la cuptoarele de laminare, de la încălzirea lingourilor, zgura convertizorului acid, zgura cuptorului Martin etc.

- deşeurile producţiei furnalului, resturi de la turnarea fontei brute (stropi, bucăţi neregulate), praf de furnal din gaz, zgură manganoasă de la elaborarea fontelor manganoase;

- deşeuri de la alte fabricaţii, în care intră pirite arse de la fabricarea acidului sulfuric, arsuri de la forjare şi laminarea oţelului.

Tendinţa actuală este utilizarea oxizilor de fier cu aşchii de la prelucrarea mecanică direct la elaborarea oţelului în cuptoarele Martin sau electrice.

6.1.2. Combustibilii

Combustibilul de bază folosit la elaborarea fontei în peste 90 % din producţia mondială este cocsul, restul mangalul.

Prin condiţiile care trebuie să le satisfacă la elaborarea fontei, combustibilii naturali ca huila, antracitul sau turba nu sînt utilizate, folosindu-se prin urmare combustibilii artificiali: cocsul şi mangalul.

Condiţiile pe care trebuie să le satisfacă un combustibil pentru furnal, sînt:

- Să dezvolte prin ardere o cantitate de căldură suficientă pentru crearea şi menţinerea unei temperaturi normale în procesul metalurgic din furnal.
- Să reducă oxizii de fier din minereu, atît direct (cu C), cît şi indirect (cu CO).
- Să furnizeze carbonul necesar pentru carburarea fierului, în vederea obţinerii fontei.
- Să permită trecerea gazului reducător prin coloana de material (cocsul ocupînd 2/3, iar mangalul 7/8 din vomulul furnalului).
- Puterea calorifică şi randamentul termic să fie mare, pentru a asigura la partea inferioară a furnalului circa 1500°C, în care scop conţinutul de carbon trebuie să fie cît mai ridicat.
- Să posede o rezistenţă mecanică bună pentru a suporta greutatea încărcăturii.
- Să aibă un conţinut cît mai mic de cenuşă, care necesită fondanţi şi combustibili suplimentari pentru transformarea ei în zgură.
- Să fie pur; să conţină cît mai puţin fosfor şi sulf.
- Să fie cît mai poros, pentru a uşura pătrunderea gazului reducător în miezul bulgărelui şi pentru a uşura evaporarea apei.

Cocsul este un cărbune artificial, rezultat din carbonizarea unui cărbune natural (de regulă huila grasă) la 800-1300°C în retorte închise fără accesul aerului.

La fabricarea cocsului se mai obţin şi unele produse auxiliare cum sînt: gudron, amoniac, benzen şi gaze. Gazele rezultate se folosesc la încălzirea cuptoarelor de cocs sau a altor instalaţii.

Fabricarea cocsului comportă următoarele faze:

a - Prepararea cărbunelui, adică sfărîmarea în bucăţi uniforme mai mici, spălarea, umezirea şi amestecarea, omogenizarea cărbunilor din mai multe sorturi.

b - Carbonizarea (descompunerea termică), fără accesul aerului, care cuprinde:

- faza de predezgazare (pînă la 375°C) cînd se evaporă apa,

se descompun parţial componenţii cărbunilor şi se obţin gaze ca: H_2S, CO_2, CO şi se ajunge cu încărcătura în stare topită;

- faza de dezgazare (375 - 475°C) cînd se produce o degajare puternică de gaze. Masa topită atinge un maxim de fluiditate după care devine mai vîscoasă;

- faza de postdezgazare (475 - 1000°C), cînd se continuă cu degajarea abundentă de gaze (bogate în metan, pînă la 750°C şi apoi în H_2) şi masa solidificată se cimentează.

c - Stingerea cocsului. Cocsul incandescent se stropeşte cu un duş puternic de apă. Sînt şi unele încercări de stingere cu gaze reci.

Cocsificarea se execută în secţii speciale numite cocserii. Cuptoarele de cocs sînt de fapt nişte baterii (8 - 80) celule, cuptoare prismatice cu axa orizontală. Incălzirea se face cu gazul rezultat din cocsificare, după ce în prealabil este prelucrat pentru captarea produselor auxiliare. Schematic un element de baterie arată ca în figura 6.2. Blocul de cocs incandescent din camera b este scos afară de un piston special al vagonului, care circulă prin faţa bateriei. Cocsul este apoi stins la turnul de răcire. Durata de cocsificare este de 16 ore, iar o baterie produce 200000 - 300000 tone cocs anual. La noi în ţară au fost cocserii la Anina, Lupeni, Hunedoara, astăzi sînt construite adevărate uzine cocso-chimice la Hunedoara, Reşiţa şi Galaţi. La noi sînt cocsificabili numai cărbunii din Valea Jiului, încît sîntem la acest capitol deficitari în ce priveşte acoperirea necesităţilor de cocs pentru prpducţia de fontă şi sîntem obligaţi să recurgem la import. Un cocs bun trebuie să aibă următoarele caracteristici:

- puterea calorifică de 7000 Kcal/kg;
- dimensiuni mai mari de 40 mm;
- impurităţi minime (maxim 9 % cenuşă, 4 % apă şi în special mai puţin sau cel mult 1 % sulf).

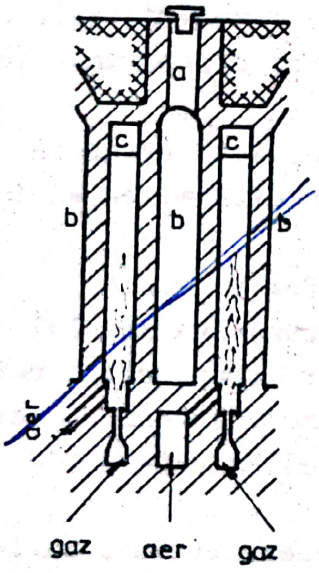


Fig.6.2. Element de baterie cocsificare a - gură de încărcare; b - cameră de cocsificare; c - canale verticale de ardere

Mangalul este rezultat din arderea incompletă a lemnului, în bocşe sau retorte speciale. Neavînd o rezistenţă mecanică suficientă, dar fiind foarte pur şi fără elememte dăunătoare (mai

ales S), a fost menţinut în siderurgie numai în unele cazuri de elaborare a unor fonte curate speciale. Mangalul are următoarele caracteristici: - putere calorifică înaltă de 7000 - 8000 Kcal/kg; - porozitate foarte mare; - aprindere uşoară; arde complet, fără fum şi cu puţină cenuşă; - nu conţine sulf sau fosfor sau alte elemente dăunătoare.

Gazul de gazogen. Acesta rezultă din transformarea unui combustibil solid în gaze fără reziduuri solide, prin gazeificare. Gazul de gazogen se obţine deobicei din combustibili inferiori (turbă, deşeuri etc). Acest gaz are proprietatea că se amestecă foarte bine cu aerul şi poate fi şi preîncălzit. El se utilizează atît la încălzirea cuptoarelor de cocs, cît şi a cuptoarelor Martin etc. Instalaţia necesară fabricării se numeşte gazogen. Aceasta funcţionează pe principiul arderii incomplete a unui combustibil inferior în prezenţa unui curent limitat de aer-abur, oxigenul din apă mărind cantitatea de CO. In ultima vreme, prin combustibilul solid inferior, incandescent, se trece un curent de oxigen-abur şi se obţine oxigazul. Acesta are o putere calorifică de 2870 Kcal/Nm^3. Rezervele de gaz metan din ţara noastră a făcut ca problema gazeificării să fie mai puţin abordată.

Aerul. Pentru arderea combustibilului în procesul de elaborare a fontei în furnal, este necesară o cantitate foarte mare de aer; această cantitate depinde de profilul şi dimensiunile furnalului, de proprietăţile şi de cantitatea fontei ce se elaborează.

Este necesară o cantitate de circa 4000 m^3 aer pe tona de fontă produsă, ceea ce înseamnă un debit de 3000 - 4000 m^3/min. Presiunea de insuflare a aerului în furnal este în funcţie de mărimea acestuia şi este cuprinsă între 0,5 - 3,0 daN/cm^2 (Kgf/cm^2). Instalaţiile care servesc la comprimarea aerului se numesc suflante, şi sînt de două tipuri: cu piston (alternative) şi turbosuflante (rotative).

Cele mai frecvent folosite sînt turbosuflantele în baza următoarelor avantaje: - productivitate mult mai mare; - gabarit mai mic; - siguranţă în funcţionare; - reglare uşoară; - randament bun pentru debite diferite.

Aerul se insuflă în furnal preîncălzit între 700 - 1000°C, în preîncălzitoare realizîndu-se în acest fel economii importante de combustibil. Instalaţia adoptată actualmente pretutindeni pentru încălzirea aerului introdus în furnal se numeşte "cauper".

6.1.3. Fondanţii

Sînt materialele care adăugate unei topituri, reacţionează

cu ganga, făcînd-o mai fuzibilă, separînd-o aproape complet de minereu. Se formează în general, o zgură uniformă, fluidă şi cu punct scăzut de fuziune. In mod obişnuit, ganga şi cenuşa combustibilului nu pot fi uşor îndepărtate din baia metalică, decît cu ajutorul unui fondant corespunzător. Minereurile a căror topire nu necesită fondanţi, se numesc autofondante.

Zgura formată e de mare importanţă în desfăşurarea procesului metalurgic de elaborare; aceasta trebuie:

- să se separe uşor de metal;
- să asigure în timpul elaborării producerea reacţiilor de oxidare sau de reducere cerute;
- să aducă impurităţile (sulf, fosfor etc) în limite admisibile;
- să nu reacţioneze cu căptuşala cuptorului.

Compoziţia chimică a fondantului trebuie să fie opusă celui a sterilului, şi prin urmare o gangă acidă necesită fondanţi bazici. Ca fondanţi bazici se folosesc: piatra de var (calcar, $CaCO_3$), înlocuită uneori de CO_3Mg. Un fondant bazic trebuie să nu conţină formaţiuni acide (Al_2O_3, SiO_2), întrucît şi acestea necesită fondant bazic pentru zgurifiere. Fondanţii acizi se folosesc rar, obişnuit la minereuri aluminoase (cu argilă) şi sînt: minereuri silicioase sau arsură (ţunder) silicioasă de la cuptorul de încălzire a oţelurilor silicioase.

6.1.4. Produse refractare

Sînt materiale naturale şi artificiale care au proprietatea de a rezista la acţiunea temperaturilor înalte, a gazelor calde, a metalelor şi zgurelor topite, în cuptoarele de elaborare sau încălzire din industria metalurgică. Produsele refractare trebuie să posede următoarele calităţi importante:

- să aibă o refractaritate mare, peste 1580°C. Refractaritatea se determină prin temperatura începutului de înmuiere la urcarea uniformă şi continuă a temperaturii. Ea se determină în comparaţie cu temperatura de înmuiere a unor trunchiuri de piramidă cu refractaritate determinată (indicatoare piroscopice) sau conuri pirometrice etalon (con Seger). Indicatoarele piroscopice se notează cu simbolul I.P urmat de o cifră care indică a zecea parte din temperatura de înmuiere, iar conurile Zeger se notează cu simbolul C.S. urmat de un număr de ordine. După refractaritate produsele refractare se împart în:

obişnuite (I.P. 158-177; C.S. 26-35);

cu refractaritate mare (I.P. 178 - 200; C.S. 36 - 42);
suprarefractare (I.P. peste 200).

- să reziste la şocuri termicd (variaţii bruşte de temperatură);
- să reziste la coroziune (metale, zgură, cenuşă etc);
- să reziste la acţiunile mecanice ale încărcăturii;
- să reziste la curenţii de gaze;
- să reziste,la înmuierea sub sarcină;
- să reziste la dislocaţia termică etc.

Produsele refractare se clasifică după diverse criterii astfel:

- După formă: produse fasonate şi produse granulare.

Produsele fasonate se prezintă sub formă de cărămizi normale,(paralelipipedice) şi cărămizi speciale (creuzete, retorte, tuburi etc). Se utilizează la zidăria agregatelor termice (constituie 85 - 90 % din consumul de refractare).

Produsele granulare sînt sub formă de mortare (granulaţie mică) şi mase refractare (granulaţie mare). Se folosesc la pereţi şi vetre de cuptor, funduri de convertizor etc.

- După compoziţia chimică: acide, bazice şi neutre.

Produsele refractare acide sînt:

- silicioase, denumite silica, realizate din cuarţite cu liant de var sau argilă minim 93 % SiO_2;
- silico-aluminoase, din amestec SiO_2 + Al_2O_3 cu varietăţile silico-argiloase (15 - 30 % Al_2O_3 şi 65 - 85 % SiO_2; şamotă cu 30 - 54 % Al_2O_3 + TiO_2; aluminoase cu 40 - 60 % Al_2O_3)şi supra- superaluminoase cu 61 - 75 % Al_2O_3).

Produse refractare bazice, de tipul magnezian, cu următoarele varietăţi: magnezitice (min. 85 % MgO); dolomitice (cu raportul CaO:MgO de 1,39); magnezito-dolomitice (cu raportul CaO : : MgO de 1,39) şi forsteritice (cu un conţinut de 35 - 55 % MgO).

Produsele refractare neutre, rezistă atît la acţiunea substanţelor bazice, cît şi a celor acide. Sînt fabricate din amestecuri de Al_2O_3 şi SiO_2 cu oxid de fier, calciu şi magneziu.

Produsele refractare speciale sînt: cromitice (cca 30 % Cr_2O_3); crom-magnezitice (cu 10 - 30 % Cr_2O_3 şi 30 - 70 % MgO); produse cu bază de carbon.

Alegerea materialului refractar se face funcţie de mersul procesului metalurgic, de solicitări etc. Astfel, pentru cuptorul Martin se foloseşte cărămidă de tipul magnezit sau dolomit, zgura fiind bazică. Pereţii regeneratorului, supuşi la variaţii

bruşte de temperatură (curenţi calzi şi reci) se fac din şamotă. Bolţile se fac din materiale cu rezistenţă mare la înmuiere sub sarcină şi de aceea ele se fac din silice care se dilată foarte puţin şi prezintă o înmuiere sub sarcină aproape de cifra refractarităţii.

6.1.5. Prepararea minereurilor de fier

In vederea obţinerii unor indici superiori în procesul elaborării fontei în furnal, minereurile destinate extragerii, trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- mărimea bucăţilor de minereu să fie cuprinse între anumite limite (10 - 80 mm);
- compoziţia chimică să se încadreze între anumite limite (să fie constantă mult timp).

Nerespectarea condiţiilor de mai sus duce la o funcţionare neeconomică a furnalului; în general, cu cît minereul este mai slab, cu atît cheltuielile de preparare şi extragere sînt mai mari. Pentru a rentabiliza extragerea, minereurile de fier suportă, înaintea încărcării în furnal următoarele operaţiuni:

a - prepararea pentru condiţia de granulaţie, cu fazele: sfărîmare (pentru bucăţi mari), brichetare, aglomerare (pentru minereul mărunt);

b - prepararea pentru condiţia de compoziţie chimică, prin operaţiunea de concentrare.

Prepararea pentru condiţia de granulaţie a minereurilor de fier. Asigurarea unor dimensiuni corespunzătoare pentru minersu este foarte importantă, bucăţile mari riscînd să ajungă nereduse în zona topirii, necesitînd astfel o mare cantitate de căldură; pe de altă parte, bucăţile mari perturbă mişcarea normală a încărcăturii. De asemeni şi granulele prea mci nu sînt satisfăcătoare, prezentînd la nivelul pîntecelui pericolul de înfundare şi explozie a furnalului. Ajustarea la dimensiunea minereului grosier se face prin sfărîmare - ciuruire şi clasare, cu ajutorul concasoarelor, morilor cu bile, sitelor, instalaţiilor complexe etc.

Minereul mărunt şi praf (sub 10 - 20 mm mărime în cazul minereului de fier), se transformă în bucăţi mari, prin brichetare şi aglomerare.

Brichetarea se face presînd puternic în forme geometrice regulate minereul praf. Brichetele brute se usucă apoi şi se supun acţiunii temperaturii cînd granulele se uneso în strînsă

coeziune. Totuşi, brichetele sînt sfărîmicioase şi cu porozitate redusă, ceea ce le face din ce în ce mai puţin utilizate.

Aglomerarea - înlătură neajunsurile brichetelor, în sensul că, în urma acţiunii temperaturii, bucăţile obţinute sînt mult mai rezistente şi poroase, în ultima vreme practicîndu-se pe ssară largă acţiunea de peletizare, de prereducere a minereului în vederea accelerării reducerii în furnal. Aglomerarea se face după mai multe metode, dintre care citãm:

Aglomerarea cu combustibil solid, amestecat cu minereul de aglomerat (metoda Dwight - Lloyd). Amestecul din minereul mărunt (mai mic de 5 mm) se amestecă cu cca 10 % praf de cocs şi se încarcă în siloz. De aici, o bandă rulantă cu cutii metalice cu grătar, ce se deplasează cu o viteză de 0,5 m/min, se încarcă şi trece pe sub un curent de aer şi un arzător. Combustibilul se aprinde şi amestecul devine incandescent (1100 - 1200°C). Prin arderea combustibilului

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \text{şi} \quad CO_2 + C \longrightarrow 2\,CO$$

$$3\,Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$$

$$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3\,FeO + CO_2$$

Bioxidul de siliciu format se combină cu oxidul de fier şi rezultă un silicat semilichid ($2FeO + FeSiO$) care leagă bucăţile de minereu, formînd aglomerare. In continuare, la capătul benzii aglomeratul este stins cu apă şi răsturnat în concasor unde se sfărîmă şi clasează la dimensiunea dorită. O instalaţie de aglomerare mai des folosită se prezintă în fig.6.3.

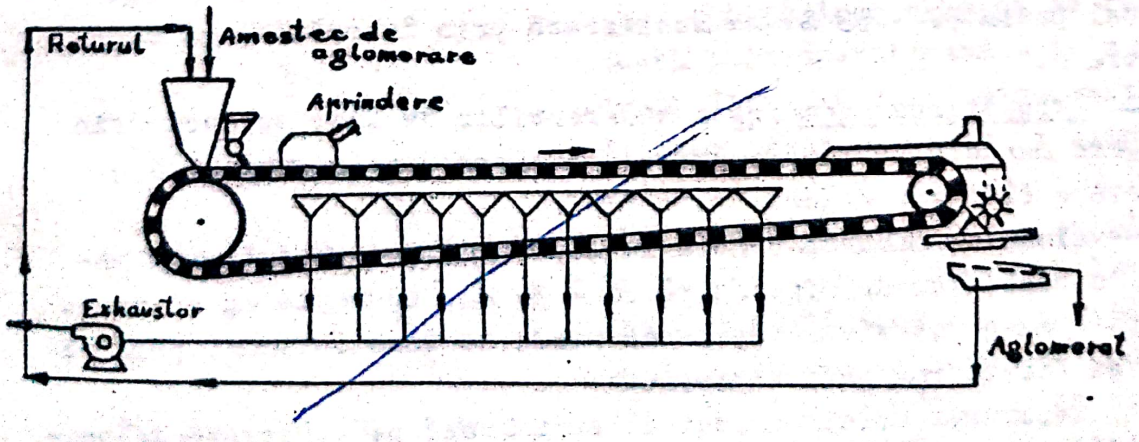


Fig.6.3. Instalaţie de aglomerare

Peletizarea este o metodă de aglomerare a materialului fin măcinat sau sub formă de praf, umezit prin rostogolire într-un dispozitiv. Particulele mari obţinute, cu diametrul de 15-35 mm se numesc pelete.

Dispozitivele sînt folosite sînt de tip tambur (tobă), taler (disc) sau de tip conic. In figura 6.4 se prezintă schema unei instalaţii de peletizare tip taler.

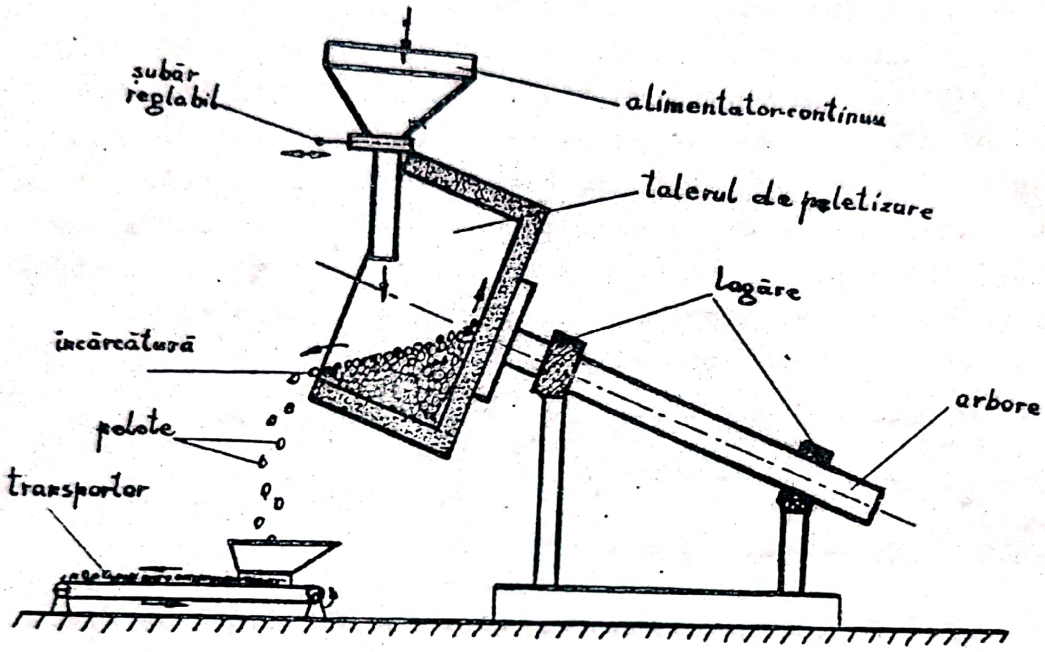


Fig.6.4. Instalaţie de peletizare tip taler

Nodulizarea este un procedeu de aglomerare a minereurilor prăfoase la cald, într-un coptor rotativ.

Prepararea pentru condiţia de conţinut a minereului de fier. Acest procedeu urmăreşte ridicarea conţinutului în fier la cel puţin 50 - 55 %; se realizează prin îmbogăţire şi concentrare.

- Imbogăţirea mecanică a minereurilor de fier se face prin alegere manuală, separare umedă, separare electromagnetică şi separare electrostatică.

Alegerea manuală constă în separarea de gangă în mod manual a bucăţilor de minereu dă 20 - 30 mm, operaţie ce se execută pe o masă rotativă. Separarea umedă se face obişnuit prin zetaj şi foarte rar prin flotaţie.

Separarea electromagnetică se bazează pe diferenţa de permeabilitate magnetică dintre minereu şi gangă, cît şi între minereurile de fier însăşi. Separarea se face trecînd printr-un cîmp electromagnetic minereul sfărîmat. Dintre separatori cei

mai utilizaţi sînt cei cu bandă şi tambur. (fig.6.5 - 6.6)

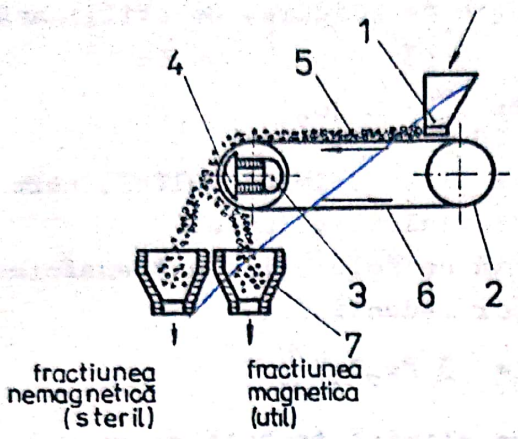


Fig.6.5. Separator magnetic cu bandă şi tambur de capăt.
1 - buncăr de alimentare; 2 - roţi de abatere; 3 - electromagnet; 4 - mineral util; 5 - steril; 6 - bandă; 7 - buncăr

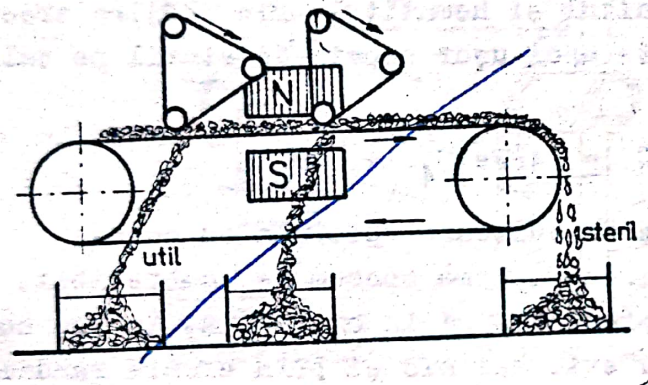


Fig.6.6. Separator cu bandă şi magnet central

Separarea electrostatică se bazează pe diferenţa de conductibilitate electrică dintre minereu şi gangă (rău conducătoare). Incărcătura cade pe o placă încărcată pozitiv şi minereul este aruncat mai departe decît sterilul. Minereul astfel aruncat este apoi atras puternic de o altă plcă încărcată negativ (fig.6.7).

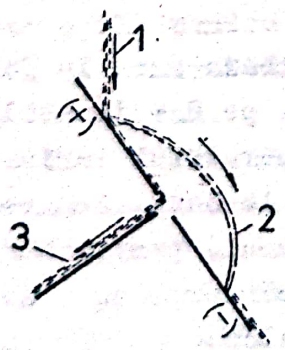


Fig.6.7. Schema separării electrostatice
1 - încărcătură; 2 - mineral util; 3 - steril

— <u>Imbogăţirea chimică</u> se realizează prin operaţiunea metalurgică de prăjire. In cazul minereurilor de fier prăjirea poate fi simplă, oxidantă şi reducătoare.

— <u>Prăjirea simplă sau calcinarea</u> se reduce la deshidratarea limonitului sau eliminarea CO_2 din siderit. La limonit temperatura de încălzire este de 500 - 600°C, iar la siderit este de 600 - 700°C. Limonitele devin mai uşoare şi uşor de transportat iar sideritele devin mai poroase şi uşor reductibile.

- - Prăjirea oxidantă e cea mai frecventă operaţiune în siderurgie caracterizată prin reacţia de oxidare. Se utilizează la prăjirea piritei:

$$4\ FeS_2 + 11\ O_2 = 2\ Fe_2O_3 + 8\ SO_2$$

Se obţine oxidul de fier căutat şi se elimină sulful, care se poate capta pentru fabricarea acidului sulfuric.

Alteori, prăjirea oxidantă se foloseşte la transformarea unui minereu într-altul mai uşor reductibil:

$$2\ Fe_3O_4 + 0{,}5\ O_2 = 3\ Fe_2O_3$$

Reacţia are loc la 1000°C şi se elimină totdată şi sulful.

- - Prăjirea reducătoare (sau prăjirea magnetică) este specifică siderurgiei. Limonitul şi hematitul prin prăjire trec în magnetism, care se poate apoi uşor separa de steril pe cale magnetică.

$$6\ Fe_2O_3 + C = 4\ Fe_3O_4 + CO_2\uparrow$$

Această prăjire se face în cuptoare speciale cu cocs.

Cu toate că prăjirea reclamă consum de combustibil, avantajele concentratului sînt nete şi în extragere, în mod compensator, consumul de cocs este mai mic şi prin urmare randamentul fabricaţiei creşte în mod corespunzător.

6.1.6. Furnalul. Construcţie şi funcţionare

Furnalul sau cuptorul înalt (fig.6.8) este un cuptor în formă de turn, în care combustibilul este încărcat împreună cu minereul şi fondantul.

Profilul său se compune din următoarele părţi caracteristice:

- - Partea superioară, tronconică, cu baza mare în jos numită cuvă. Ea se sprijină pe un inel de oţel, pe 8 - 16 stîlpi de susţinere din fontă sau oţel. Grosimea peretelui variază de la 600 - 800 mm la gură, la 1000 - 1250 mm la bază. Armarea se face cu o manta din tablă de oţel. De asemeni, pentru a diminua uzarea zidăriei gurii prin lovire la încărcare, cuva se căptuşeşte la interior cu segmenţi de fontă albă.

- - Etalajul - partea tronconică cu baza mare în sus este partea cea mai solicitată la uzură prin frecare. Intre zidărie şi armare se montează plăci speciale de răcire continuă cu apă (plăci de bronz cu şicane).

Scanned with OKEN Scanner

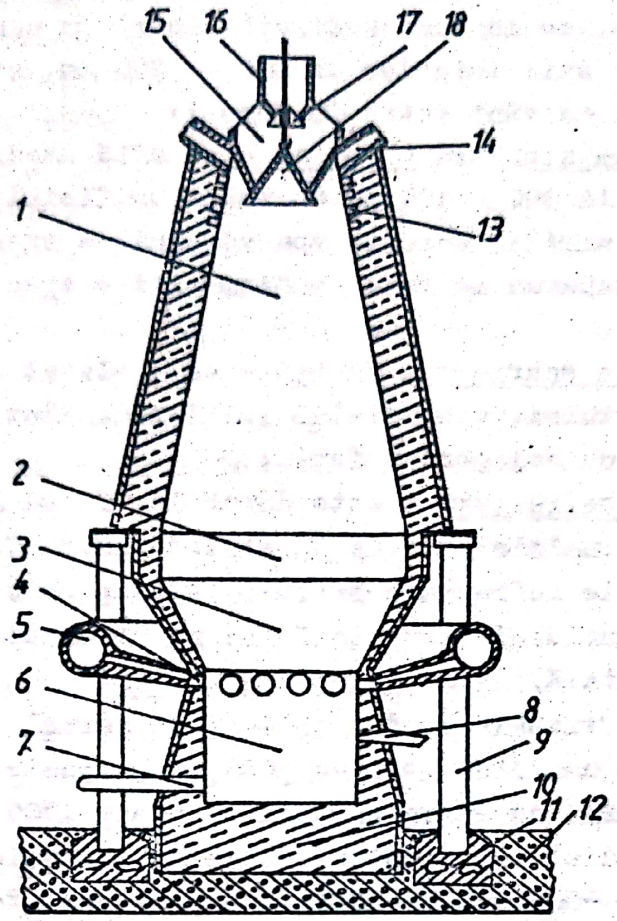


Fig.6.8. Secţiune longitudinală prin furnal.
1 - cuvă; 2 - pîntece; 3 - etalaj; 4 - gură de vînt; 5 - conductă-centură de aer; 6 - creuzet; 7 - orificiu pentru fontă; 8 - orificiu pentru gură; 9 - coloană suport; 10- vatră; 11 - crapodină; 12 - fundaţie; 13 - segmenţi de fontă; 14 - conductă de gaz; 15 - ceaşcă; 16 - buncăr; 17 - con superior; 18 - con inferior.

— Pîntecele este o porţiune cilindrică de racordare a cuvei cu etalajul, pentru a se evita unghiurile moarte în drumul descendent al încărcăturii, ceea ce ar putea duce la blocarea mersului furnalului.

— - Profilul furnalului se termină la partea lui inferioară cu o porţiune cilindrică numită creuzet. Aceasta este partea cea mai solicitată termic. Grosimea zidăriei este de 500-700 mm la nivelul superior, 1000 - 1500 mm la bazin iar vatra are o grosime de 2000 - 4000 mm. Creuzetul este protejat prin blindare şi răcire cu apă.

In afara părţilor constructive de bază arătate mai sus,un furnal mai are caracteristic următoarele elemente:

— - gurile de vînt - acestea servesc la insuflarea aerului în

furnal. Aerul vine de la turbosuflantă, intră în centura inelară cu un diametru util interior de 900 - 1200 mm, şi de aici, prin 12 - 16 guri de vînt intră în furnal;

- orificiul de scurgere a fontei - se află imediat la baza creuzetului, cam la 300 - 400 mm de fund. Orificiul este astupat cu un dop de argilă, care se aparge cînd se evacuează fonta. Astuparea şi destuparea se face cu dispozitive speciale automatizate;

- orificiul de scurgere a zgurei - este plasat la partea superioară a creuzetului, sub nivelul gurilor de vînt. Constructiv este identic cu cel pentru fontă;

- căptuşeala refractară - este durabilă, fiind alcătuită din şamotă, pentru furnalele cu cocs şi silică pentru furnalele cu mangal. Materialele refractare trebuie să asigure o funcţionare îndelungată a furnalului (pînă la 7 ani neîntrerupt, cînd intră în reparaţie capitală);

- fundaţia - trebuie să fie solidă, un furnal cîntărind cca 10000 tone la un volum util de 7000 m^3 şi peste 20000 tone la furnalele moderne cu un volum util de peste 1700 m^3.

Pe plan mondial, se construiesc astăzi furnale de mare capacitate depăşind 5000 m^3. In URSS se exploatează furnale de 3000, 3200 şi 5000 m^3 volum util, în Japonia între 3800 şi 4400 m^3, în R.F.G., Franţa, Olanda şi Italia, lucrează furnale de 4870 şi 4500 m^3. In general, construcţiile de furnale gigant operează mai mult asupra diametrului şi mai puţin asupra înălţimii. Astfel, furnalul de 5000 m^3 are înălţimea de 33,5 m, cu diametrele pentru cele trei tronsoare de 14,7; 16,1 şi 10,8 m, iar furnalul de 5500 m^3 are înălţimea de 34,3 m şi diametrele de 15,1; 16,5 şi 11,4 m.

Fundaţia este ridicată de la sol pentru a asigura descărcarea uşoară şi transportul cu oalele-vagonet. O secţiune cu toate părţile componente de bază este redată în figura 6.9.

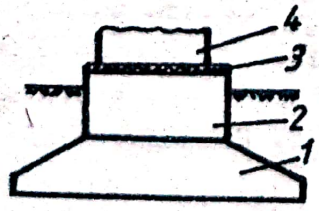


Fig.6.9. Fundaţia furnalului.
1 - radier; 2 - soclu;
3 - strat de beton refractar;
4 - vatra furnalului

Fundaţia furnalului se compune dintr-o parte subterană, radierul, şi o parte care iese parţial deasupra solului, numit soclu. Soclul are înălţimea de cca 7 m iarr radierul are înăl-

ţimea variabilă, în funcţie de natura solului, fiind de 6-8 m la teren sănătos iar la terenul slab fiind construită pe piloni. Fundaţia se construieşte din beton armat cu stabilitate termică mare, iar în partea de sus a soclului se pune un strat de beton refractar, care să reziste pînă la 500°C. Grosimea vetrei este de 3,5 - 5,0 m în funcţie de mărimea furnalului. Zidăria refractară de la vatră este blindată cu o tablă din oţel cu grosime de 40 - 60 mm, iar între zidărie şi manta se introduc plăci de răcire cu apă. Pentru intensificarea răcirii mantaua metalică se poate stropi continuu cu apă.

Pentru deservirea funcţionării furnalului, acesta mai este prevăzut cu o serie de instalaţii anexă, dintre care mai importante sînt:

- instalaţii pentru depozitarea materialelor şi transportul lor la gura de încărcare a furnalului;
- instalaţii de încărcare a furnalului;
- instalaţii pentru insuflarea aerului;
- instalaţii pentru preîncălzirea aerului;
- instalaţii pentru epurarea gazului de furnal;
- maşini de astupat şi destupat orificiile de scurgere a fontei şi a zgurei;
- instalaţii pentru evacuarea şi tuamarea fontei;
- instalaţii pentru evacuarea şi granularea zgurii.

Incărcarea furnalului se face cu ajutorul unui transportor skip, un vagonet ce se deplaseazâ fără şine pe o cale de rulare înclinată. Incărcarea se face în straturi alternative de cocs-minereu-fondant.

Dispozitivul de încărcare de la gura furnalului e de tipul ceaşcă-con, reprezentat în figura 6.8 . Particularităţile acestui sistem de încărcare sînt următoarele: în primul rînd sistemul etanşează furnalul la gură, asigurînd mersul normal al gazului ascendent reducător; în al doilea rînd, ceaşca este liber aşezată pe pereţii cuvei, constituind totodată şi un mijloc de siguranţă în caz de avarie cu suprapresiune în furnal. Conul de fund asigură pe de altă parte, o repartizare mai favorabilă a materialelor în sensul că bucăţile mari vor luneca spre axul furnalului, iar cele mici vor rămîne la margine, ceea ce asigură atît etanşarea dintre zidărie şi încărcătură, cît şi reducerea bucăţilor mari de minereu, greu reductibile, gazul reducător ascendent fiind obligat a-şi căuta evacuare pe o suprafaţă cît mai mare.

Pentru a mări eficacitatea arderilor în furnal, aerul de insuflare se preîncălzeşte cu aportul gazului de furnal, prin intermediul bateriei de regeneratoare numită cowpere (caupere).

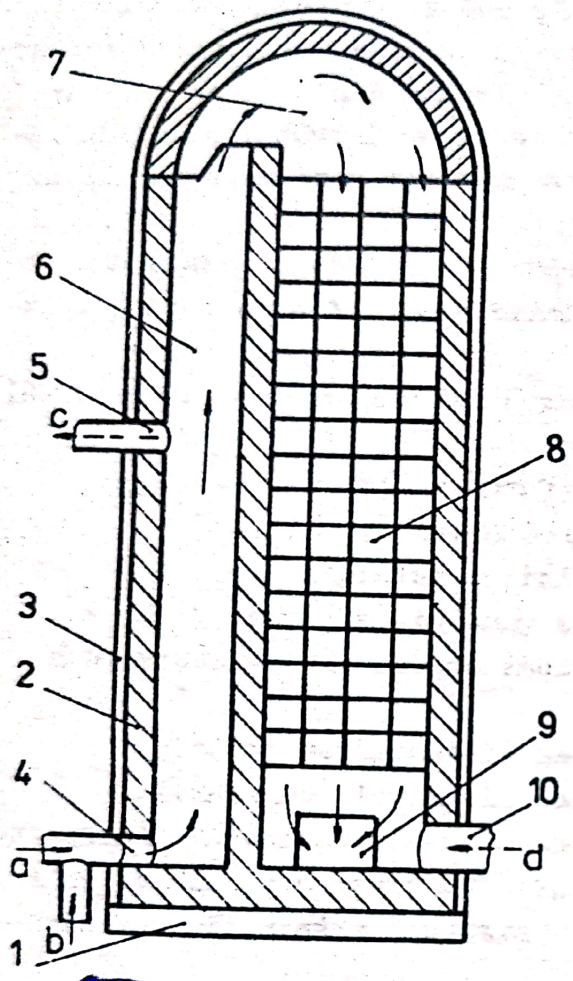


Fig.6.10. Secţiune longitudinală prin cowper.
1-placă fundaţie; 2-căptuşeală refractară; 3-manta de armare; 4-orificiul de intrare a amestecului de ardere;(gaz de furnal + aer); 5 - orificiu de ieşire al aerului cald; 6 - camera de ardere; 7-boltă; 8-zidărie cu canale; 9-coş;-10-intrare aer rece

O secţiune longitudinală printr-un cowper şi principiul său de funcţionare este prezentat în figura 6.10.

Pentru încălzirea zidăriei cu canale interioare 8, în faza întîia, cu şubărul de la orificiul 5 închis şi respectiv de la intrarea aerului rece 10-d, gazul de furnal a şi aerul de întreţinere a arderii b se introduc în orificiul 4; acestea ard în camera de ardere 6 iar gazele arse dirijate de bolta 7 în drum spre coşul 9, cedează căldura zidăriei refractare din care sînt construite canalele. In faza a doua se închide admisia la şubărul 4 şi se inversează circuitul; aerul rece intră prin conducta 10, traversează zidăria 8, preia căldura şi iese prin conducta 5 spre furnal. Temperatura de preîncălzire a aerului atinge în general valori între 600 - 900°C. Suprafaţa grilajuluiz zidăriei variază în medie între 1500-5000 m^2. Intrucît răcirea cowperului e de două ori mai rapidă decît încălzirea, pentru acoperirea necesarului continuu de aer preîncălzit, este nevoie de două cowpere şi pentru siguranţă se folosesc baterii, de regulă din trei cowpere. Comanda funcţionării cowperelor este automată. O schemă de funcţionare a unui furnal cu bateria de cowpere şi sistemul de încărcare se vede pe figura 6.11.

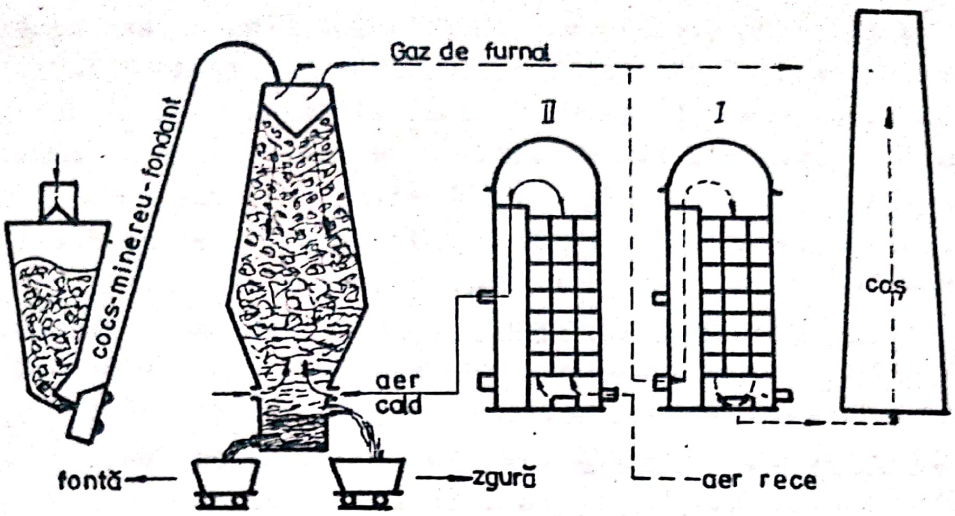


Fig.6.11. Schema de funcţionare a furnalului

După cum se vede din figură în timp ce cowperul I se încălzeşte, fiind pus în legătură cu gazul de furnal, cowperul II este pus în legătură cu furnalul furnizînd aer cald.

Un furnal dat în folosinţă are aşa numita "campanie a furnalului", adică o perioadă de funcţionare neîntreruptă, de regulă peste 7 ani. Timpii morţi din întreaga campanie nu depăşesc 0,55 - 1,5 % din timpul calendaristic. Inainte de pornire, furnalul se usucă prin insuflare de aer cald în interior, după care se prpocedează la încărcarea şi dirijarea funcţionării după natura fontei ce vrem să o obţinem. De remarcat este faptul că trecerea de la o calitate la alta de fontă (cenuşie de turnătorie sau fontă pentru afinare) nu se poate face dintr-o dată, ci cu o perioadă de funcţionare intermediară, cu obţinerea de fontă pestriţă. Pe de altă parte, calitatea obţinută de fontă este în strînsă legătură cu posibilitatea menţinerii constante a următorilor parametri: compoziţia, proprietăţi fizice şi mărimea bulgărilor de minereu şi combustibil, cantitatea, presiunea şi temperatura aerului de insuflare etc. acest lucru reclamînd o urmărire şi reglare continuă a mersului furnalului.

Pe de altă parte trebuie să amintim că funcţionarea din perioada "campaniei furnalului" nu e întotdeauna perfectă. Dintre deranjamentele cele mai frecvente în funcţionare amintim:

- Răcirea furnalului cauzată de abundenţa reacţiilor endoterme din creuzet, cînd temperatura coboară sub 1600°C reducerea oxizilor este încetinită şi se obţine o zgură bogată în FeO, care atrage după sine o pierdere de fier.

Cauzele funcţionale ale răcirii pot avea ca explicaţie repartizarea necorespunzătoare a componentelor încărcăturii, mai ales în ce priveşte forţarea proporţiei de minereu la cocs, apoi datorită slabei calităţi a cocsului, a unei prea mari cantităţi de apă din aerul de insuflare, coborîrea prea rapidă a încărcăturii, scăderea bruscă a temperaturii aerului de insuflare etc. Reglarea mersului normal poate dura cîteva zile.

- Mersul prea cald al furnalului care duce la o reducere excesivă a SiO_2 şi prin urmare conducînd la o zgură vîscoasă greu de manevrat; este cauzat de minereul prea mărunt din încărcătură.

- Blocarea încărcăturii cînd în mersul descendent încărcătura stagnează (se agaţă) cu toate că în dreptul etalajului materialele s-au topit şi s-a creat golul pentru coborîre. Acest defect constă în crearea unei bolţi compacte care blochează funcţionarea şi gazele din creuzet provoacă o suprapresiune periculoasă. Acest gen de deranjament se controlează prin scăderea presiunii gazului de furnal de la gură şi prin împiedecarea intrării aerului de insuflare în furnal. Cauzele blocării pot fi: minereul prea mărunt, combustibilul solid prea prăfos (ca urmare a slabei sale rezistenţe), răcirea furnalului, ridicarea bruscă a temperaturii aerului de insuflare etc.

Combaterea blocării se realizează prin tasări artificiale, insuflîndu-se uneori aer şi prin orificiul de scurgere a zgurei saumscăzînd temperatura aerului de insuflare.

Controlul funcţionării furnalului se face urmărind cu aparatură specială şi prin încercări, următorii indici:

- astfel, cu ajutorul vizoarelor se observă dacă la funcţionare, în dreptul gurilor de vînt, apar şi dispar bucăţile de cocs (mers normal);

- se urmăreşte aspectul fontei lichide şi solide. Astfel, fontele de turnătorie sînt mai vîscoase şi se scurg fără scîntei, iar cele de afinare sînt mai fluide şi se scurg cu scîntei în fascicol. O altă probă care se face este examinarea casurii unei probe solidificate;

- se urmăreşte apoi aspectul zgurii lichide şi solide. Zgura este un indicator sigur al funcţionării; zgurile bazice sînt fluide şi trec repede în stare solidă; zgurile acide sînt mai puţin fluide şi se trag în fire subţiri; în casură zgura bazică e mată iar cea acidă e sticloasă.

Indicatorii de mai sus dau valori informative, datele precise obţinîndu-se prin analizele chimice de laborator. Cu ajuto-

rul aparatului se urmăreşte în mod continuu cantitatea şi presiunea aerului de insuflat, temperaturile aerului şi gazelor de furnal, compoziţia gazelor de furnal şi nivelul încărcăturii.

6.1.7. Procesele metalurgice în furnal

Elaborarea fontei în furnal se produce în urma acţiunii reciproce a doi curenţi şi anume:

- curentul descendent al încărcăturii (minereu, cocs şi fondanţi) şi
- curentul ascendent al gazelor fierbinţi care încălzesc şi reduc încărcătura.

Pentru a înţelege principalele procese care au loc în furnal, vom urmări succesiv curentul ascendent al gazelor şi apoi curentul descendent al încărcăturii.

Curentul ascendent al gazelor

Aerul cald insuflat prin gurile de vînt, întîlneşte bucăţile incandescente de cocs. Sub acţiunea oxigenului, cocsul arde, degajînd o mare cantitate de căldură şi CO_2, după reacţia:

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 407000\ KJ$$

Temperatura în dreptul gurilor de vînt este de circa 1900°C.

Bioxidul de carbon urcă în sus şi întîlneşte bucăţile de cocs incandescent şi se transformă în oxid de carbon după reacţia endotermă: $CO_2 + C \longrightarrow 2\ CO - 158800\ KJ$.

O parte din oxidul de carbon format serveşte la reducerea oxizilor de fier din minereu după reacţiile arătate mai jos, iar o altă parte va rămîne în gazul de furnal, care se evacuează la partea superioară a furnalului.

Prin aerul insuflat pătrunde în furnal şi o anumită cantitate de vapori de apă, rezultat din umiditatea aerului. Aceştia împreună cu apa higroscopică şi cea de constituţie, conţinută în materia primă folosită, la temperaturile ridicate din cuptorul înalt, sînt descompuse de către carbonul incandescent după reacţia:

$$2\ H_2O + 2\ C \longrightarrow 2\ H_2 + 2\ CO - 233300\ KJ$$

în doi agenţi reducători activi: oxidul de carbon şi hidrogenul. Din această reacţie însă se consumă carbon şi o cantitate mare de căldură. Totuşi, practic s-a constatat că o anumită umiditate a aerului este necesară pentru uşurarea mersului furnalului. In acest sens, pentru a asigura condiţii uniforme de funcţionare

Scanned with OKEN Scanner

a furnalului în tot timpul anului, se poate folosi aer condiţionat (cu umiditate constantă). Prin aplicarea acestui procedeu, productivitatea furnalului creşte şi consumul de combustibil scade.

Curentul descendent al încărcăturii

Materialele solide încărcate în furnal încep a se încălzi şi a se usca la partea superioară a cuvei unde temperatura este puţin ridicată. Această primă zonă se numeşte zonă de preîncălzire şi se întinde pe un interval de temperatură aproximativ între 275 - 400°C.

Incă din această zonă, minereurile de fier încep să fie reduse puţin şi respectiv se descompun pînă la FeO după următoarele reacţii:

- hematita se reduce: $Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2\ FeO + CO_2$
- magnetita se reduce: $Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3\ FeO + CO_2$
- siderita se descompune: $FeCO_3 \longrightarrow FeO + CO_2$

Menţionăm faptul că în realitate oxizii superiori de fier se reduc printr-o oxidare treptată pe măsura ridicării temperaturii (adică printr-o eliminare succesivă a atomilor de oxigen) deobicei în următoarea ordine:

$$Fe_2O_3 \longrightarrow Fe_3O_4 \longrightarrow FeO \longrightarrow Fe$$

adică din oxid feric se obţine la început oxid magneziu, apoi din acesta, oxid feros şi apoi fier metalic.

Pe măsură ce încărcătura coboară, temperatura creşte şi începînd aproximativ de la 400°C începe reducerea minereurilor de fier parţial cu ajutorul oxidului de carbon, parţial cu ajutorul carbonului.

Reducerea cu ajutorul oxidului de carbon se produce prin reacţii de reducere indirectă în final de forma:

$$FeO + CO \longrightarrow Fe + CO + 13600\ KJ$$

Reducerea indirectă are loc la temperaturi moderate, între 400 - 950°C. Sînt reacţii exoterme şi sînt preponderente în furnal. Se produc începînd din mijlocul cuvei şi se termină în etalaj.

Reducerea cu ajutorul carbonului are loc prin reducere directă de forma:

$$FeO + C \longrightarrow Fe + CO - 144000\ KJ$$

Scanned with OKEN Scanner

care are loc la temperaturi mai înalte (peste 950°C pînă la cca 1700°C şi se face cu un mare consum de căldură - reacţii endoterme). Zona în care se produc reacţiile de reducere a oxizilor de fier se numeşte zonă de reducere.

Odată cu reducerea indirectă a oxizilor superiori de fier, se reduc indirect şi oxizii superiori de mangan pînă la forma MnO. Reducerea în continuare a MnO pînă la forma Mn este o reacţie puternic endotermă, deci ea se va produce numai în zona foarte caldă a furnalului (zona gurilor de vînt) şi se produce pe cale directă:

$$MnO + C \longrightarrow Mn + CO - 279000\ KJ$$

Reducerea unei părţi a silicei are loc tot în zona gurilor de vînt după reacţia:

$$SiO_2 + 2\ C \longrightarrow Si + 2\ CO - 619000\ KJ$$

De asemenea, în furnal se reduce şi fosforul introdus în încărcătură sub formă de pentaoxid de fosfor, P_2O_5. In ceea ce priveşte sulful introdus în furnal cu încărcătura (sulfuri sau sulfaţi în sterilul minereurilor sau cu cocsul) în parte va trece în fontă şi o parte în zgură sub formă de FeS, MnS, CaS, MgS.

Sulful fiind unmelement vătămător, este necesar a se realiza condiţii pentru trecerea cît mai completă a lui în zgură. Factorii care uşurează trecerea sulfului în zgură sînt: bazicitatea ridicată a zgurii, micşorarea conţinutului de FeO din zgură şi fontă, temperatura ridicată în creuzet, o cantitate suficientă de zgură etc.

Trecerea sulfului în zgură se face cu ajutorul CaO sub formă de CaS. Reacţiile de bază sînt:

$$FeS + CaO + C \longrightarrow Fe + CaS + CO - 149300\ KJ$$
$$2\ FeS + 2\ CaO + Si \longrightarrow 2\ Fe + 2\ CaS + SiO_2 + 336100\ KJ$$
$$FeS + CaO + Mn \longrightarrow Fe + CaS + MnO + 138400\ KJ$$

Prima reacţie fiind endotermă necesită temperaturi ridicate în creuzet. Celelalte reacţii necesită existenţa siliciului şi manganului în fontă.

6.1.8. Produsele furnalului şi utilizarea lor

6.1.8.1. Formarea fontei şi a zgurii în furnal

Prin reducerea minereurilor de fier se obţine fierul metalic de formă spongiroasă şi cu o temperatură de topire peste

1500°C. Acest fier metalic la temperaturile ridicate are proprietatea de a se combina şi de a dizolva carbonul. In acest fel fierul metalic se combină şi treptat se transformă în aliajul fontă.

Reacţiile chimice de carburare pot fi, de asemenea, de două feluri şi anume: prin intermediul oxidului de carbon, aşa numita carburare indirectă după reacţia

$$3Fe + 2CO \longrightarrow Fe_3C + CO_2$$

şi cu ajutorul carbonului, numită carburare directă, după reacţia

$$3\,Fe + C \longrightarrow Fe_3C$$

Fonta avînd o temperatură de fuziune mult mai scăzută decît fierul metalic, la temperaturi peste 1150 - 1200°C, începe să se topească şi sub formă de picături curge la vale adunîndu-se în creuzet.

Zona în care se produce carburarea fierului metalic se numeşte *zonă de carburare* şi se întinde aproximativ pe intervalul de temperatură 900 - 1200°C (fig.6.12). Odată cu formarea aliajului Fe-C, sterilul minereului împreună cu fondanţii, cu FeO care nu s-a redus şi cu MnO, se topesc formînd o zgură bogată în fier şi mangan, aşa numita zgură primeră, care de asemenea, se scurge spre creuzet. Zona în care se formează zgura topită se numeşte *zonă de topire* şi se întinde aproximativ pe intervalul de temperatură 1200 - 1600°C (fig.6.12).

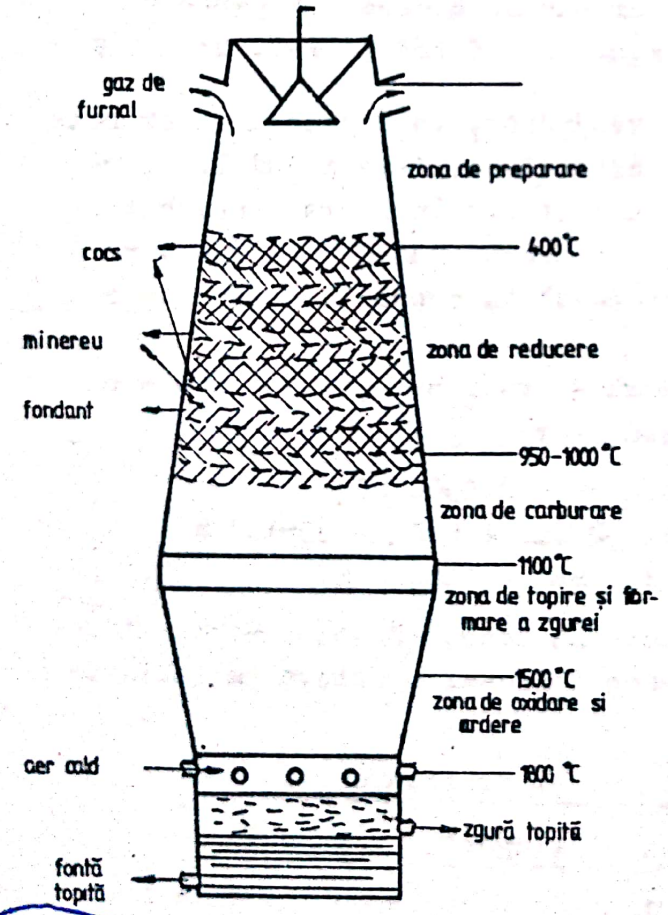


Fig.6.12. Zonele principale în furnal

In zona temperaturilor înalte (partea de jos a etalajului), au loc reducerea directă a oxizilor de mangan, fier, siliciu

şi fosfor, elementele rezultate înglobîndu-se în aliajul FeC, formînd fonta. In acest fel conţinutul de FeO şi MnO scade în zgură.

In zona gurilor de vînt, cenuşa rezultată din arderea cocsului se dizolvă în zgură. Astfel în creuzet se strînge zgura finală, caracterizată prin conţinutul mic de FeO (sub 1 %). In urma procesului de desulfurare, în zgură se dizolvă şi CaS, MnS şi MgS.

Principalii componenţi ai zgurii de furnal sînt: SiO_2 (30 - 40 %), Al_2O_3 (10 - 20 %), CaO (40 - 50 %).

Zgurile din furnal sînt caracterizate prin coeficientul de aciditate dat de raportul:

$$\frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO}$$

Cînd valoarea acestui raport este mai mică decît 1 zgura este bazică, iar cînd este mai mare de 1 zgura este acidă.

Zona temperaturilor înalte între 1600 - 1900°C în dreptul gurilor de vînt şi imediat deasupra, se numeşte zonă de ardere (fig.6.12). Se menţionează faptul că toate aceste zone stabilite nu sînt precis delimitate, ele parţial se suprapun, tind în funcţie de variaţiile de temperaturi din furnal şi de complexitatea reacţiilor ce se petrec în furnal. Ţinînd seama de aceste observaţii, în figura 6.12 se prezintă schematic principalele zone din furnal din punct de vedere funcţional, cu limite de temperatură aproximative.

Zgura şi fonta se strîng în creuzetul furnalului în două straturi suprapuse datorită diferenţei de greutate. Fonta avînd greutatea specifică între 7 - 7,7 daN/dm^3 se va strînge pe vatră, iar zgura cu greutatea specifică de 2,5 - 3,0 daN/dm^3 se strînge deasupra fontei. Evacuarea fontei se face la intervale de cca 4 ore, iar zgura la intervale de cca 2 ore. După spargerea dopului, fonta respectiv zgura, se scurge prin jgheaburi căptuşite cu material refractar, în vase de transportat, montate pe vagoane speciale de cale ferată.

In funcţie de ganga minereului, se obţin zgure acide sau bazice. Acest produs este valorificat şi fiind obţinut în cantităţi mari constituie o sursă de venituri suplimentare pentru întreprinderile siderurgice.

Zgura acidă de furnal se utilizează la fabricarea vatei de zgură, a zgurei expandate etc., folosite ca materiale termo-

izolante.

Zgura bazică de furnal se foloseşte la:

- fabricarea cimentului de zgură, obţinut prin amestecarea zgurei măcinate cu 20 - 25 %var;
- la fabricarea cărămizilor din zgură prin amestecarea cu 10 % CaO şi presare;
- ca balast pentru şosele şi cale ferată;
- ca pietriş pentru prepararea betonului;
- ca îngrăşământ în agricultură;
- ca liant pentru brichetarea prafului de fier etc.

6.1.8.2. Formarea gazului de furnal

Gazul de furnal începe să se formeze în dreptul gurilor de vînt odată cu arderea cocsului şi,apoi, ca urmare a reacţiilor de reducere, se formează CO şi CO_2, acestea în amestec cu H_2, CH_4 şi o mare cantitate de N_2, formează gazul de furnal avînd următoarea compoziţie chimică medie: 24-30 % CO; 10-20 % CO_2; 0,2 - 0,4 % CH_4; 2 - 5 % H_2; 50 - 60 % N_2. In gaz de asemenea, se înglobează chiar pe substanţe volatile degajate din combustibil precum şi vapori de apă.

Gazul se captează la gura de încărcare prin două sau patru conducte care se unesc apoi şi dirijează spre instalaţiile de epurare. La ieşirea din furnal, gazul are 150 - 300°C şi o suprapresiune de 0,1 - 0,2 daN/cm^2..Gazul de furnal este un gaz combustibil cu putere calorică relativ mică de cca 4200 KJ/Nm^3 (1000 Kcal/m^3). Se produce în cantităţi mari de 4000 - 4500 m^3/tona de fontă. Aproximativ 30 % din cantitatea de gaz de furnal produsă se utilizează pentru încălzirea cowperelor în vederea preîncălzirii aerului insuflat în furnal, restul utilizîndu-se în diferite cuptoare metalurgice etc.

Intrucît gazul de furnal la ieşirea din furnal antrenează o mare cantitate de praf, 30 - 80 g/m^3 gaz, pentru a putea fi utilizat în prealabil trebuie curăţat. In acest scop se folosesc instalaţii complexe numite epuratoare şi care fac parte dini instalaţiile auxiliare ale furnalului. Epurarea se face în trei faze: epurare brută, prin care conţinutul de praf se reduce la 1 - 4 g/m^3, se realizează în epuratoare gravitaţionale şi centrifugale (ciclon). Aceste epuratoare sînt construite din tablă de oţel şi sînt de formă cilindrică cu partea superioară şi inferioară conică. Au diametrul între 6 - 12 m şi înălţimea de 10 - 18 m. In aceste epuratoare separarea particolelor

de praf conţinute în gaz se realizează atît prin schimbările bruşte de direcţie şi de viteză a gazului, cît şi datorită forţelor gravitaţionale şi centrifugale.

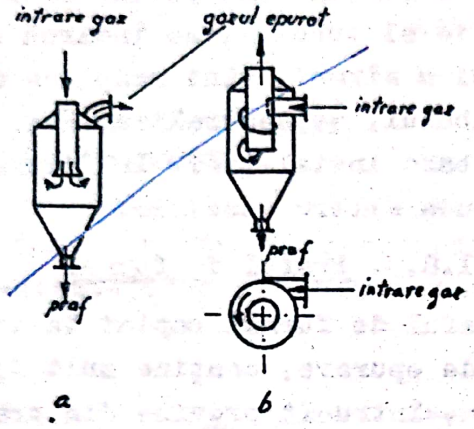


Fig.6.13. Epuratoare brute pentru gazul de furnal. a - epurator gravitaţional; b - epurator centrifugal (ciclon)

In figura 6.13-a,b se prezintă schematic principiul de funcţionare a acestor epuratoare.

<u>Epurarea semifină</u> se face în instalaţii numite schrubere în care gazul circulă înt contracurent cu o ploaie artificială. Praful umezit este antrenat în jos de picăturile de apă. Schruberul se constuieşte din tablă de oţel dublă cu diametrul de 3 - 5 m iar înălţimea de 10 - 25 m. La partea superioară este prevăzut cu pulverizatoare de apă, iar în interior cu o serie de grătare de lemn. Reducerea conţinutului de praf se face pînă la 0,1 - 0,5 g/m^3.

In figura 6.14 se prezintă schematic principiul de funcţionare a unui scruber.

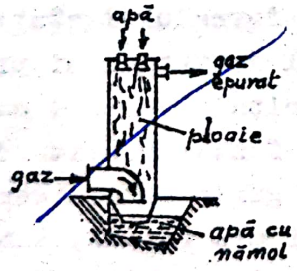


Fig.6.14. Scruber pentru epurarea umedă a gazului de furnal

<u>Epurarea fină</u> se realizează fie în epuratoare umede centrifugale numite dezintegratoare, fie în epuratoare electrostatice numite şi filtre electrice, în care reducerea prafului se realizează pînă la 0,01 - 0,02 g/m^3. Epuratoarele centrifugale funcţionează pe principiul ventilatoarelor centrifugale în care gazul şi apa amestecate sînt supuse la o mişcare turbionară şi gazul fiind absorbit de către un ventilator, se produce separarea prafului umezit.

Epuratoarele electrostatice se compun dintr-o baterie de tuburi cu diametrul de 50 - 200 mm şi cu lungimea de 2 - 4 m în interiorul cărora se găseşte axial cîte o sîrmă de oţel, izolat faţă de grup, legată la polul negativ al sursei de curent continuu de înaltă tensiune (50000 - 100000 V) iar tubul fiind legat la polul pozitiv a sursei de curent este pus la pămînt.

Gazul umezit trece prin tub de jos în sus, particulele de praf se ionizează în cîmpul electric al tubului, se încarcă cu electricitate de acelaşi semn ca şi a sîrmei, sînt respinse de sîrmă şi sînt atrase de pereţii tubului, se neutralizează şi apoi cad în colectorul de praf, la baza instalaţiei. In figura 6.15 se prezintă schema unui asemenea filtru electric.

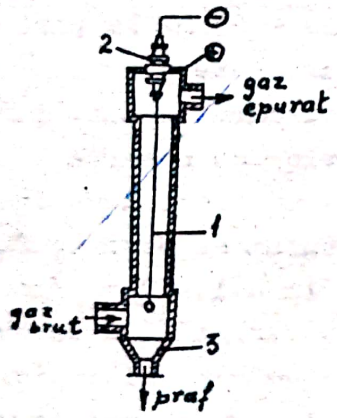


Fig.6.15. Epurator electrostatic pentru epurare fină. 1 - sîrmă de oţel; 2 - izolator; 3 - colector de praf

6.1.8.3.-Praful de furnal

Praful de furnal captat în instalaţia de epurare, conţine mult fier şi carbon, întrucît provine din praf de minereu, dă cocs şi fondanţi. Fiind în cantitate mare, cca 80-100 kg pe tonă fontă produsă, se recuperează prin aglomerare în instalaţiile de aglomerare sau peletizare şi reintroducere în furnal.

6.1.8.4. Fonta brută. Instalaţii de evacuare-turnare

Produsele furnalului sînt: fonta, zgura, gazul de furnal şi praful de furnal. Principalul produs este fonta brută sau fonta de prima fuziune. După destuparea gurii de scurgere şi evacuarea fontei din furnal, turnarea în continuare se face prin mai multe metode şi anume:

- fonta se toarnă în hala de turnare de lîngă furnal în forme metalice, obţinîndu-se blocuri;
- fonta se toarnă în oale speciale care o transportă la maşina de turnare sub formă de blocuri mici (lingouri) cu crestături cu greutatea maximă de 25 kg (fig.6.16).

Maşina de turnat este formată dintr-o bandă transportoare, înclinată, ce se deplasează cu viteză constantă şi este alcătui-

tă din formele metalice (lingotiere) în care se toarnă fonta lichidă din oala de transport. Fonta turnată treptat se solidifică şi pe parcurs pentru accelerarea răcirii se stropeşte cu apă. La capătul opus al maşinii de turnat blocurile sînt descărcate direct în vagoane metalice de cale ferată şi transportate. In figura 6.17 se prezintă schematic o maşină de turnat fontă cu bandă transportoare.

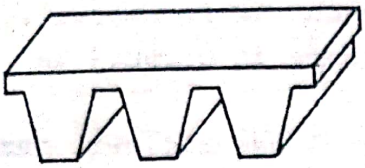


Fig.6.16. Lingou de fontă cu crestături

- Fonta se toarnă în oale speciale cu care se transportă şi se goleşte în amestecătorul de fontă numit şi melanjor, un recipient metalic basculant de formă cilindrică cu căptuşeală refractară,cu o capacitate de pînă la 2000 tone şi care serveşte la: depozita-

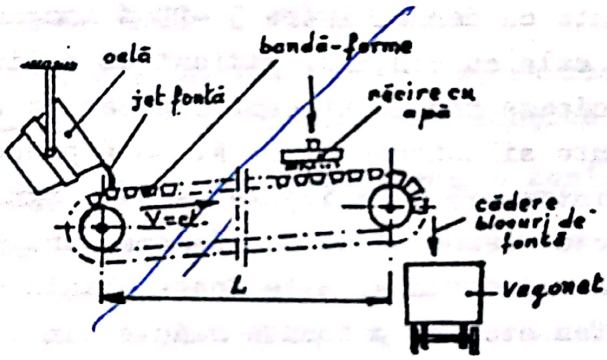


Fig.6.17. Maşini de turnat fontă cu transportor

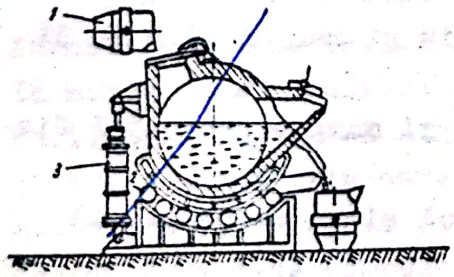


Fig.6.18. Melanjor
1-oală; 2-rolă; 3-cilindru hidraulic; 4-oală; 5-capac

rea fontei brute topite de la furnal; amestecarea diferitelor calităţi de fontă brută; continuarea procesului de desulfurare a fontei brute în vederea alimentării cuptorului Martin. Melanjoarele de obicei sînt încălzite folosindu-se pentru aceasta gaze de cocserie, gaze de furnal, păcură etc. In figura 6.18 se prezintă un melanjor pentru păstrarea fontei lichide în vederea deversării ulterior în cuptoarele de elaborarea oţelului.

6.1.8.5. Clasificarea fontelor brute

In furnal se obţin trei categorii de fonte:

- fonta pentru afinare; aşa-numita fontă albă după aspectul casuruii, cu conţinut mare de mangan, este folosită la elaborarea oţelurilor, reprezintă cca 80 % din producţia furnalului. Carbonul în această fontă se găseşte sub formă de carbură de fier (cementită).

- fontă de turnătorie, care după aspectul casurii este numită fontă cenuşie, în care carbonul se găseşte liber sub formă de grafit, sînt fonte cu conţinut ridicat de siliciu, se utilizează pentru fabricarea fontelor de a doua fuziune folosite pentru turnarea lor în piese. Aproximativ 15 % din producţia furnalului este formată din această fontă;

- fontă aliată, care reprezintă cca 5 % din producţia furnalului şi sînt folosite ca adaos pentru dezosidare sau aliere la elaborarea oţelurilor.

Fontele aliate cu mangan între 5 -25 % mangan, sînt numite fonte oglindă, cele cu conţinut ridicat de siliciu (5-15 %) numite fonte silicioase sau cu procent ridicat de siliciu şi mangan, numite fonte silicioase oglindă. Dacă procentele de siliciu sau mangan întrec 25 %, aliajele ce se obţin se numesc feroaliaje, respectiv ferosiliciu sau feromangan.

In furnal se mai obţin şi alte fonte aliate cu crom, nichel, vanadiu, titan etc. cu procente reduse din aceste elemente din minereuri care în afară de fier conţin aceste elemente.

In ţara noastră fontele brute sînt standardizate în STAS 882-78 şi clasificate după conţinutul de siliciu şi mangan în două grupe:

1 - Fonte brute nealiate cu siliciu şi mangan pînă la 5% fiecare.

2 - Fonte brute aliate cu siliciu şi mangan peste 5 % fiecare.

<u>Fontele brute nealiate</u> se clasifică şi se simbolizează astfel:

a - fontă obişnuită pentru turnătorie; FK
b - fontă specială pentru turnătorie; FX
c - fontă pentru afinare; FAK

<u>Fontele brute aliate se clasifică în:</u>

a - fontă silicioasă; FS
b - fontă oglindă; FOg
c - fontă silicioasă oglindă; FSOg.

Mărcile de fonte brute standardizate sînt indicate în tabelele din STAS astfel:

- fontele obişnuite pentru turnătorie cuprind 6 mărci: FKO, FK 1, FK 2, FK 3, FK 4, FK 5;
- fontele speciale pentru turnătorie cuprind 7 mărci: FX 1, FX 2, FX 3, FX 4, FX 5, FX 6, FX 7;
- fontele pentru afinare 5 mărci: FAKO ... FAK4.

Fontele brute aliate silicioase 2 mărci: FS 1, FS 2.

Notarea fontelor nealiate se face indicîndu-se marca fontei urmată de 3 cifre reprezentînd în ordine clasele corespunzătoare conţinutului de Mn, P, S, conform respectivului tabel din STAS şi completat cu indicarea standardului adică: STAS 882-78.

De exemplu, o fontă cu următoarea compoziţie chimică: 2,26 ... 2,75 % siliciu, 0,51 ... 1,0 % mangan; 0,16 ... 0,30 % fosfor şi maxim 0,05 % sulf, după modul cum se încadrează în clasele de compoziţie, se notează cu simbolul:

FK 2,125 STAS 882-78

Notarea fontelor aliate silicioase se face conform standardului sub forma FS 2 STAS 882-78, care conţine 9 - 13 % siliciu.

6.1.9. Alte procedee de elaborare a fontei electrice

In ultima vreme direcţiile de elaborare a fontei sînt îndreptate spre utilizarea energiei electrice care permite fabricarea de fonte curate şi valorificarea la maximum a minereurilor sărace. Astfel, în ţări cu mari capacităţi energetice, cum sînt: Suedia, Japonia, Norvegia, Italia etc., elaborarea fontelor se execută în furnale electrice, unde căldura necesară elaborării fontei nu se mai obţine prin arderea unui combustibil, ca la furnalele obişnuite, ci prin transformarea energiei electrice. In acest sens, profilul furnalului electric diferă de cel obişnuit, prin faptul că dimensiunile creuzetului sînt mult mai mari şi are o boltă prin care trec 3 - 6 electrozi de grafit cu diametrul de 0,5 - 0,6 m şi de lungime 1,5 - 1,8 m. Incărcătura acestui furnal se compune în principal din minereu şi fondul, cocsul introdus este numai pentru reducere şi carburare, în vederea obţinerii fontei ca aliaj Fe-C. Căldura atinsă la nivelul creuzetului se ridică la cca 3000°C, ceea ce asigură un mers normal şi eficace a reacţiilor metalurgice din furnal. Nu mai este nevoie de aer de insuflare. Insuflarea se face totuşi, dar cu propriile gaze, după ce în prealabil au fost epurate. Schema constructivă a unui furnal electric se vede în figura 6.19.

Alimentarea furnalului se face în curent alternativ trifazic cu o frecvenţă de 40 - 25 Hz, cu o tensiune de 60 - 120 V şi o intensitate de 50000 A. Avantajele furnalului electric sînt:

- fonta obţinută este mult mai curată, fiind de regulă utilizată la fabricarea oţelurilor superioare (oţel suedez);
- construcţia furnalului este simplificată, cu o bună utilizare a volumului util;
- gazul de furnal obţinut are o putere calorifică mult mai mare (cca 2400 Kcal/m^3N); se obţine în cantitate mai mică la tonă fontă şi anume: 500 - 700 m^3N/t faţă de 3700 m^3N/t la furnalul clasic;
- dirijarea procesului elaborării în ce priveşte aliura termică se face cu mare uşurinţă de la tabloul de comandă prin reglarea intensităţii curentului electric;

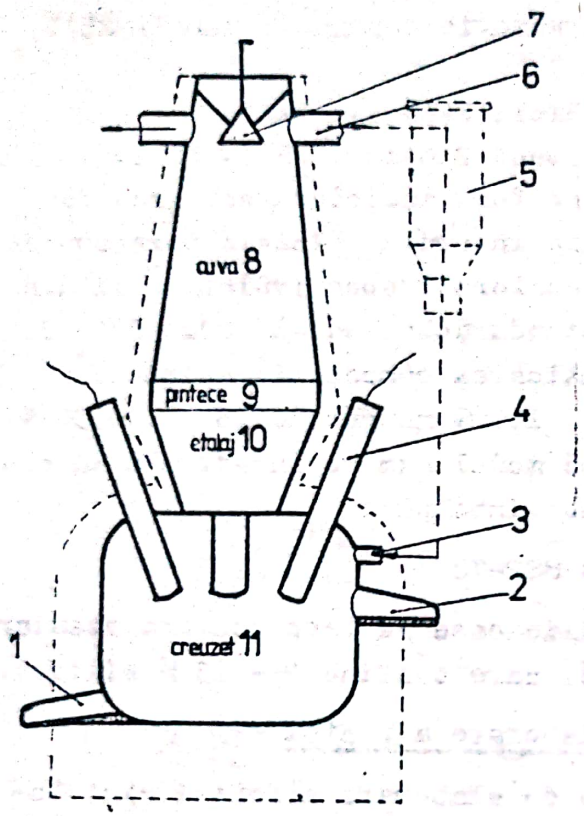


Fig.6.19. Profilul schematic al furnalului electric.
1-gură de scurgere fontă; 2-gură de scurgere zgură; 3-gură de insuflare gaz; 4-electrozi de grafit; 5-sac de epurare gaz; 6-gură de captare a gazului de furnal; 7-sistemul de încărcare; 8-cuvă; 9-pîntece; 10-etalaj; 11-creuzet

Singurul dezavantaj îl constituie producţia medie zilnică încă mică faţă de furnalul obişnuit. In ce priveşte cea dea doua direcţie în perspectiva elaborării fontei referitoare la valorificarea minereurilor sărace în fier şi prăfoase, recent s-au experimentat noi procedee de elaborare a fontelor. Aceste procedee se bazează pe topirea reducătoare a încărcăturii în două tipuri de utilaje: cuptoare cu cuvă scundă şi cuptoare rotative orizontale.

Cuptoarele cu cuvă scundă sînt asemănătoare furnalelor obişnuite, însă de dimensiuni mult mai mici, de secţiune drepunghiulară cu o producţie zilnică de 60 - 80 tone fontă. Incărcătura este formată dintr-un amestec de minereu prăfos şi sărac în fier şi cărbuni prăfoşi de calitate inferioară presată sub formă de brichete. Ca fondant se introduce în cuptor calcar brut. In acest tip de cuptor se realizează o reducere bună şi rapidă a

minereului, contactul şi difuziunea între cărbune şi minereu se produce în condiţii mai favorabile decît în furnal. Fonta ce se obţine este de calitate bună.

Cuptoarele rotative orizontale sînt asemănătoare cuptoarelor pentru fabricarea cimentului. In aceste cuptoare se prelucrează minereuri prăfoase şi sărace, neaglomerate şi combustibil inferior cum ar fi praful de cocs, de antracit etc. Pentru formarea zgurii se foloseşte var ars. Conbustibilul folosit pentru obţinerea temperaturii necesare este sub forma de cărbune pulverizat sau gaz metan cu aer preîncălzit la cca 800°C. Fonta obţinută în acest cuptor este de calitate superioară.

Actualmente se folosesc diferite metode de elaborare a fontelor cum ar fi: utilizarea aerului condiţionat, a aglomeratului autofondant (calcar măcinat amestecat cu minereu), a gazului metan, a aerului îmbogăţit cu oxigen, a diferitelor instalaţii automatizate etc., care urmăresc şi favorizează mărirea producţiei de fontă, respectiv creşterea productivităţii furnalelor şi în acelaşi timp obţinerea de fontă cu calităţi superioare.

6.1.10. Indici tehnico-economici de funcţionare a furnalului

Cel mai important indice centralizator, este preţul de cost al fontei, acesta fiind determinat în principal de următorii doi factori: producţia furnalului şi consumurile specifice de materiale.

- Producţia furnalului este reprezentată de producţia medie zilnică, notată cu P, avînd în atenţie o lungă perioadă de timp de funcţionare; mai precis, pentru comparaţia între furnale serveşte coeficientul utilizării volumului util notat cu K:

$$K = \frac{V_u}{P} \quad [m^3/t]$$

unde: V_u - volumul util al furnalului; P - producţia medie zilnică (1600 - 2000 t fontă/24 ore la furnalele cu cocs şi 150 - 200 tone fontă/24 ore la furnalul cu mangal).

In mod informativ pentru furnalele cu cocs, K = 2 - 0,7. m^3/t iar la cele cu mangal K = 1,8 - 0,8 m^3/t.

- Consumurile specifice minime la tona de fontă asigură un preţ de cost cît mai mic. Astfel, în funcţie de conţinutul în fier şi de proporţia de minereu mărunt, ca şi de funcţionarea uniformă a furnalului, se pot aminti:-consumul specific de minereu este în medie de 1,5 - 2,5 tone minereu la tona fontă iar

consumul de combustibil (cocs) corespunde la 1,0 - 0,75 tone cocs la tona fontă.

In funcţie de compoziţia chimică a sterilului şi de conţinutul de sulf, fondantul bazic ce se consumă la un steril acid şi cu mult sulf este în proporţie de 0,1 - 0,8 tone fondant la tona fontă.

In raport de scăpările pe conducte aerul de insuflare necesar la tona fontă este în medie de 2400 - 2700 m^3/t fontă.

6.2. Metalurgia oţelului

Elaborarea oţelului constă din prelucrarea în stare lichidă sau solidă a fontelor brute ca materie primă de bază la care se mai adaugă fierul vechi şi alte materiale auxiliare, deşeuri etc. Procesul de bază urmăreşte eliminarea elementelor însoţitoare din fontă (Si, Mn, P, S) şi trecerea lor în zgură, concomitent cu reducerea procentului de carbon pînă la valorile procentuale caracteristice oţelurilor ca aliaje Fe-C. La ora actuală, peste 80 % din producţia de fontă brută este destinată fabricării oţelurilor.

Obţinerea oţelurilor în afinarea fontelor cuprinde de fapt două reacţii caracteristice:

- oxidarea elementelor însoţitoare şi fixarea lor în zgură;
- dezoxidarea şi recarburarea sau alierea finală în vederea obţinerii oţelului dorit.

Cum în urma reducerii conţinutului de carbon prin oxidare, temperatura de topire a aliajului rezultat creşte spre 1539°C (punctul de fuziune al fierului curat), elaborarea oţelului este prin urmare posibilă numai dacă se asigură,din punct de vedere termic topirea aliajului respectiv. La începuturile siderurgiei cînd nu se puteau obţine temperaturi înalte, se practica aşa-numita metodă a pudlajului în vederea fabricării oţelului. Se obţinea un fel de fier vîscos, păstos, plin de zgură în bucăţi de cca 50 kg numite lupe. Lupele supuse laminării şi forjării se curăţau de zgură şi se transformau în aşa-numitele bare brute de oţel de pudlaj.

Odată cu progresul tehnicii agregatelor de încălzire, temperatura a atins valoarea topirii oţelului, încît la ora actuală elaborarea oţelurilor cunoaşte o singură metodă şi anume metoda elaborării oţelului de fuziune. Acesta se poate obţine pe calea următoarelor procedee:

Scanned with OKEN Scanner

a - afinarea fontei în convertizor cu două variante: procedeul acid (Bessemer) şi procedeul bazic (Thomas) cu aer sau oxigen;

b - afinarea fontei şi a fierului vechi în cuptoare cu vatră de tip Martin - Siemens, la fel, cu două variante: acid şi bazic;

c - afinarea fontei şi în special a fierului vechi în cuptoare electrice.

In ce priveşte aplicabilitatea unuia sau altuia din procedeele de mai sus, trebuie arătat că elaborarea în convertizor este cea mai productivă (un convertizor de 20 - 30 tone capacitate poate prelucra zilnic 1200 tone fontă, adică întreaga producţie medie zilnică a unui furnal modern mediu).

Din punct de vedere al calităţii însă, elaborarea în cuptoarele Martin-Siemens şi în special în cuptoarele electrice, c conduc la oţeluri cu o calitate mai superioară decît a oţelului de convertizor.

6.2.1. Elaborarea oţelului în convertizoare

Afinarea fontelor lichide brute în convertizor se execută fără încălzire suplimentară; căldura necesară reacţiilor este asigurată de starea lichidă a materiei prime şi de degajarea de căldură din reacţiile exoterme care au loc în procesul de oxidare, ca urmare a insuflării de aer sau de oxigen.

După caracterul chimic al încărcăturii, şi prin urmare şi al căptuşelii convertizorului, se disting două tipuri de convertizoare:

- convertizoare acide, căptuşite cu cărămizi refractare acide (silica), şi
- convertizoare bazice, căptuşite cu cărămizi refractare bazice (magnezită, dolomită).

Din punct de vedere constructiv, un convertizor bazic este arătat în figura 6.2o.

După cum se vede în figură, corpul convertizorului constă dintr-o manta metalică, în formă de pară (1) de grosime 25-35 mm. Intregul corp al convertizorului este susţinut de centura (3) pe fusurile de rotaţie (4) şi (5). Prin fusul (4) trece şi conducta de alimentare cu aer (8), iar fusul (5) prin intermediul angrenajului roată dinţată - cremalieră, basculează convertizorul în procesul de încărcare-descărcare. Conducta (8) face legătura cu cutia de aer (12), de unde prin orificiile (10),

aerul sau aerul îmbogăţit cu oxigen pătrunde şi barbotează baia lichidă (9), executînd prin intermediul oxigenului, acţiunea de afinare. Aerul se insuflă cu o presiune de 1,5 - 2,5 atmosfere

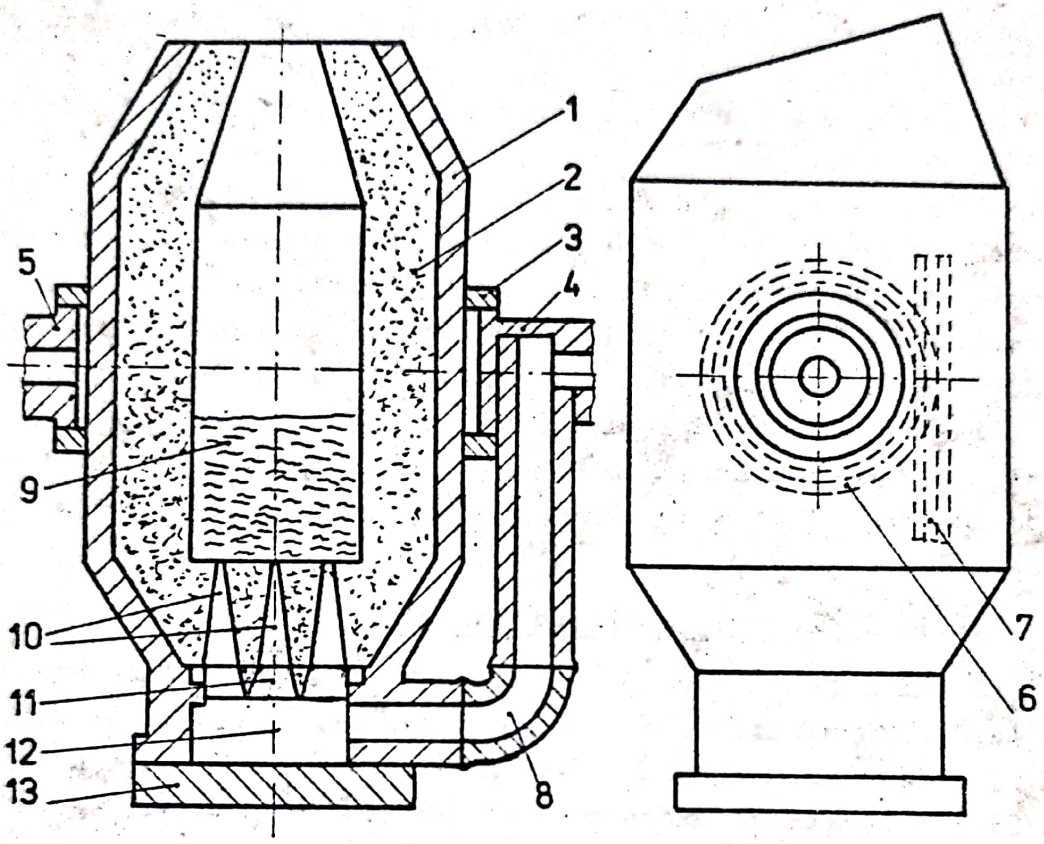


Fig.6.20. Secţiune şi vedere laterală a unui convertizor. 1 - căptuşeală de armare din tablă de oţel; 2 - zidărie refractară; 3 - centură de sprijin; 4,5 - fusuri de rotaţie; 6 - roată dinţată; 7 - cremalieră; 8 - conductă pentru aer; 9 - baia metalică; 10 - orificii de insuflare a aerului; 11 - fund cu orificii schimbabile; 12 - camera de aer; 13 - placă de fund pentru închidere (capac)

şi cu un debit de 600 - 1800 m^3/min, prin canalele de fund, cu un diametru de 12 - 20 mm; canalele sînt în număr de cca 150 aşezate în cercuri concentrice. Profilul de pară este ales în funcţie de capacitatea convertizorului, astfel ca în poziţie orizontală orificiile de fund să rămînă libere, cînd materia primă (fonta lichidă) este deja răsturnată în interior.

Volumul convertizorului este mult mai mare decît volumul băii, aceasta deoarece în procesul funcţionării are loc o barbotare violentă cu stropi şi flăcări lungi, care ies din ciocul aparatului. Manevrarea convertizorului în procesul elaborării unei şarje se vede în figura 6.21. In poziţie orizontală, fig. 6.21-a se face umplerea cu fontă lichidă de la melanjor sau di-

rect de la furnal. Apoi, odată cu ridicarea la verticală se dă drumul aerului de insuflare, agregatul intrînd în funcţiune (poziţia din fig.6.21-b). După terminarea afinării, convertizorul se basculează ca în figura 6.21-c şi după ce se elimină zgura, se varsă oţelul în oala de turnare şi mai departe, după caz, se execută turnarea oţelului în piese sau în lingotiere.

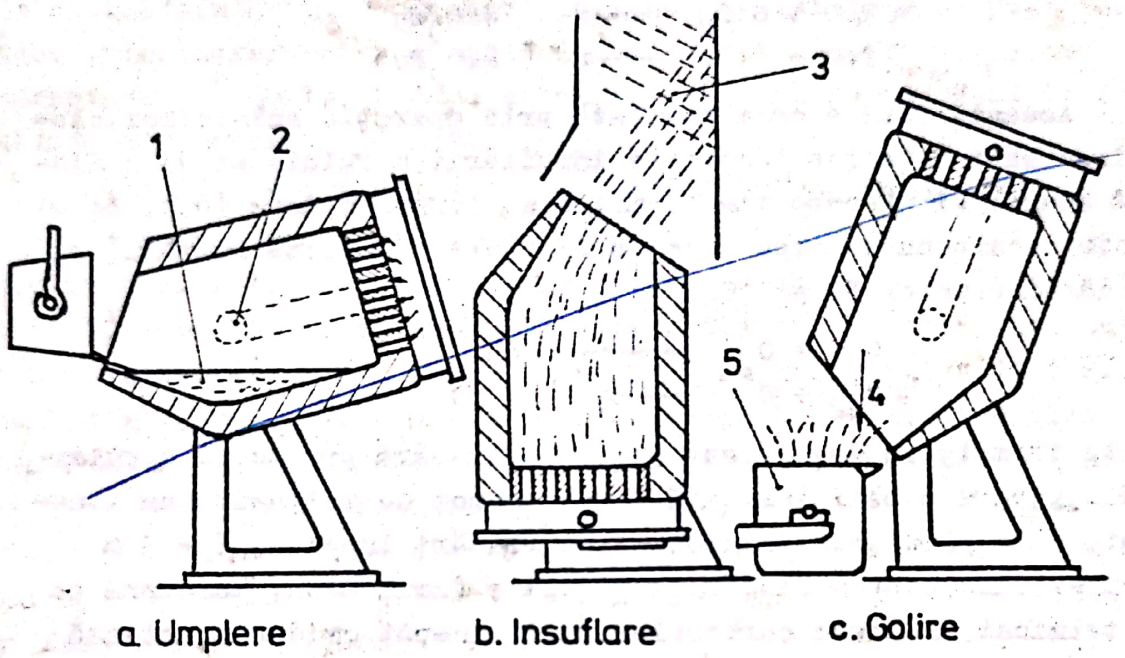


Fig.6.21. Schema funcţionării convertizorului.
1 - încărcare fontă lichidă; 2 - intrarea aerului de insuflare; 3 - coş parascîntei (hotă); 4 - curgerea oţelului; 5 - oală de turnare

(a) - Procesul elaborării în convertizorul acid .

Materia primă de bază pentru elaborarea oţelului în convertizorul acid este fonta cenuşie silicioasă, lipsită de P şi S, încît aceste impurităţi nu se pot elimina în acest procedeu. Procentele admise de impurităţi sînt sub 0,09 % P şi 0,06 % S, procente situate sub limitele admisibile pentru oţel.

Elaborarea oţelului cuprinde două perioade:

- o primă perioadă de afinare (P_1), în care are loc oxidarea siliciului, manganului şi carbonului;
- a doua perioadă de rafinare (P_2), în care are loc dezoxidarea şi recarburarea oţelului.

In prima perioadă a afinării, se disting două faze legate de ordinea oxidabilităţii elementelor. Astfel, prima fază (P_1) e caracterizată prin oxidarea fierului, siliciului şi manganului cu formarea zgurii, conform reacţiilor de mai jos, oxidarea si-

liciului şi manganului, fiind realizată şi de oxidul feros format:

$$\begin{cases} 2\,Fe + O_2 \longrightarrow 2\,FeO \\ Si + O_2 \longrightarrow SiO_2 \\ 2\,Mn + O_2 \longrightarrow 2\,MnO \end{cases}$$

Oxizii formaţi reacţionează şi formează zgura:

$$\begin{cases} MnO + SiO_2 \longrightarrow SiO_3Mn \\ FeO + SiO_2 \longrightarrow SiO_3Fe \end{cases}$$

Această fază e caracterizată prin apariţia scînteilor, clocotirea băii metalice (datorită insuflării aerului) şi de o flacără scurtă şi nu prea vie. Urmează apoi faza a doua (F_2), de oxidare a carbonului, sau faza de fierbere, datorită formării şi evacuării gazelor CO şi CO_2:

$$\begin{cases} C + O_2 \longrightarrow CO_2 \\ CO_2 + C \longrightarrow 2\,CO \end{cases}$$

Gazele formate se degajă sub formă de flacără producînd o puternică fierbere a băii însoţită de un zgomot de intensitatea tunetului, de o ploaie de scîntei şi de flăcări lungi de 6 - 9 m lungime. Cînd dispar flăcările şi apare fumul brun, înseamnă că s-a terminat ardereac carbonului şi a început oxidarea intensă a fierului, şi este momentul opririi insuflării aerului. Urmează acum rafinarea, cînd prin adaos de feroaliaje (ferosiliciu, feromangan), se realizează atît dezoxidarea cît şi recarburarea băii metalice de oţel; oţelul obţinut, pe lîngă purificarea de oxizi şi dobîndirea procentului necesar de carbon, capătă şi conţinutul corespunzător de siliciu şi mangan. Dezoxidarea are loc după reacţiile:

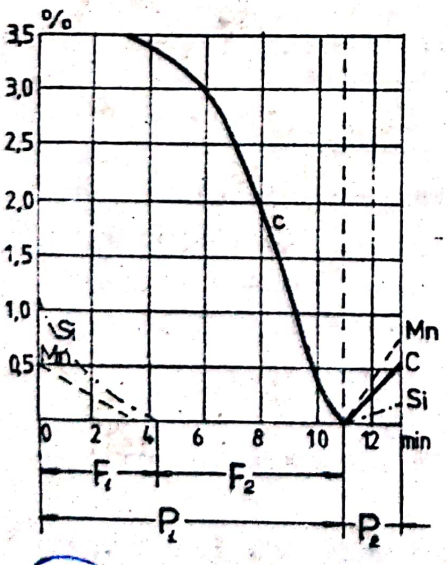


Fig.6.22. Graficul procesului chimic din convertizorul acid (Bessemer)

$$\begin{cases} 2\,FeO + Si \longrightarrow 2\,Fe + SiO_2 \\ FeO + Mn \longrightarrow Fe + MnO \\ \hline SiO_2 + MnO \longrightarrow SiO_3Mn \end{cases}$$ → zgură

care trece în zgură. Ordinea afinării şi rafinării pe perioade şi faze se vede în figura 6.22.

In ce priveşte controlul procesului de elaborare, acesta se face fie empiric (prin observarea fenomenelor exterioare caracteristice), fie cu ajutorul spectroscopului, sau se urmăreşte lungimea flăcărilor,cu ajutorul celulelor fotoelectrice. Timpul total de elaborare este de ordinul minutelor (12 - 20 min) şi insuficient pentru analiza chimică, în vederea opririi procesului, la compoziţia chimică necesară; de aceea, oţelul nu se poate obţine prin întreruperea insuflării la momentul oportun, ci prin corectarea compoziţiei după afinarea completă cu adaosuri de feroaliaje corespunzător dozate.

b - Procesul elaborării în convertizorul bazic

Convertizorul bazic rezolvă problema afinării fontelor cu conţinut ridicat în fosfor, lucru care nu era posibil în convertizorul acid. In acest sens, materia primă de bază a încărcăturii o constituie fonta albă fosforoasă, cu un conţinut de fosfor de 1,6 - 2,2 %. Sulful maxim admis este de 0,1 %. Pentru eliminarea fosforului se adaugă la încărcare şi un fondant bazic (var), care să lege stabil fosforul şi să-l treacă în zgură. Se poate încărca şi o oarecare cantitate de fier vechi. In ce priveşte mersul operaţiunilor chimice, deosebim şi aici mai multe perioade şi faze conform figurii 6.23.

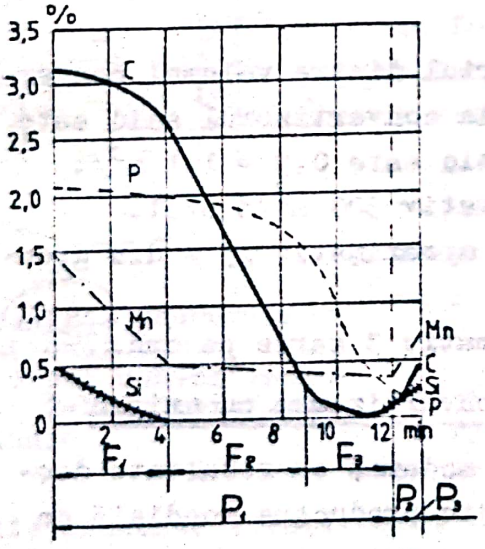


Fig.6.23. Graficul procesului chimic din convertizorul bazic (Thomas)

Astfel, în perioada întîia (P_1) de afinare se disting următoarele trei faze:

- în faza primă (F_1) are loc o xidarea siliciului şi a manganului şi trecerea lor în zgură, exact după reacţiile de la procedeul acid;-în faze secundă (F_2) se oxidează carbonul, cu eliminare de oxid şi bioxid de carbon;
- în faza a treia de suprasuflare, faţă de convertizorul acid, are loc oxidarea fosforului şi eliminarea lui în zgură după reacţiile:

$$2\,P + 2\,1/2\,O_2 \longrightarrow P_2O_5$$

$$P_2O_5 + 3FeO \longrightarrow Fe_3(PO_4)_2$$

$$Fe_3(PO_4)_2 + 3CaO \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3FeO$$

In continuare, după oprirea insuflării aerului, se trece în perioada a doua (P_2), cînd se procedează la eliminarea zgurii negre fosforoase.

După eliminarea zgurii, se trece în perioada a treia (P_3) de rafinare, cînd, cu ajutorul adaosurilor de feroaliaje, se corectează compoziţia şi se dezoxidează oţelul final.

In procedeul bazic se poate vorbi şi de o eliminare parţială a sulfului, după reacţiile:

$$FeS + CaO \longrightarrow CaS + FeO$$
$$MnS + CaO \longrightarrow CaS + MnO$$

Avantajele convertizorului bazic faţă de cel acid sînt următoarele:

- se folosesc fonte fosforoase, care sînt mai ieftine şi mai uşor de obţinut din furnal;
- fluiditatea băii în timpul topirii este mai mare;
- zgura bazică conţinînd fosfaţi se foloseşte ca îngrăşămînt agricol (se obţine cca 250 kg zgură/t oţel).

Convertizorul Thomas se foloseşte în regiunile unde întreprinderile siderurgice lucrează cu minereuri fosforoase.

Indici tehnico-economici de funcţionare a convertizoarelor clasice

Cei mai importanţi indici sînt:

1 - Volumul specific adică raportul dintre volumul convertizorului şi totalul încărcăturii: - la convertizorul acid este 1,4 - 1,8 m^3/t; - la convertizorul bazic este 0,9 - 1,1 m^3/t.

2 - Consumul de aer este aproximativ 300 m^3/t oţel.

3 - Consumul de fondant este de aproximativ 15 % din greutatea fontei.

4 - Productivitatea este aproximativ 3 şarje pe oră.

6.2.2. Elaborarea oţelului în convertizoare cu oxigen

Această elaborare este o metodă modernă cu rezultate deosebit de bune. In prezent peste 22 % din producţua mondială de oţel se elaborează în convertizoarele cu oxigen.

Metoda este aplicată şi la noi în ţară la combinatul siderurgic de la Galaţi, unde au fost instalate convertizoare cu oxigen ultramoderne, cu capacitate de cca 130 tone pe şarjă.

In prezent sînt folosite pe scară industrială trei procedee de elaborare a oţelului prin afinarea fontei cu oxigen:

Scanned with OKEN Scanner

- convertizorul staţionar L.D.
- convertizorul rotativ Kaldo.
- convertizorul rotor (rotor Oberhausen).

Procedeul convertizorului staţionar L.D.

Procedeul de afinare a fontei cu oxigen a fost patentat încă din a doua jumătate a secolului XIX de către Bessemer, însă din cauza lipsei de oxigen tehnic ieftin el nu a putut fi răspîndit. Punerea la punct a producţiei industriale de oţel prin insuflarea oxigenului pe sus, s-a făcut în 1953 în Austria, la uzinele Linz şi Donawitz, de unde îi provine şi denumirea.

Intrucît oxigenul este suflat deasupra băii metalice lichide, nu are canale de insuflare în partea inferioară. In figura 6.24 se prezintă schematic un asemenea convertizor.

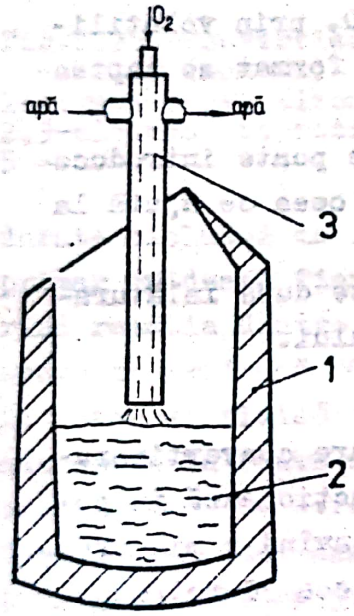


Fig.6.24. Convertizor staţionar L.D.
1-corpul convertizorului; 2-baie metalică; 3-lance

Convertizorul este căptuşit cu material bazic (magnezită cu bitum sau dolomită cu bitum). Durata căptuşelii variază între 150 - 600 şarje, cele de magnezită fiind mai durabilă. Capacitatea convertizorului variază între 100 - 300 tone pe şarjă, volumul specific fiind de 1,0 - 1,1 m^3/t.

Lancea de insuflare a oxigenului se face din ţeavă de cupru cu pereţi dubli, prin care circulă apă de răcire. O lance poate dura pînă la 1000 de şarje.

Oxigenul cu o puritate de 97-99,5% se suflă peste suprafaţa fontei lichide de la o distanţă de aproximativ 300 mm, cu o presiune de 10 - 18 daN/cm^2.

La contactul dintre oxigen şi fontă lichidă are loc reacţia de oxidare a fierului, temperatura creşte peste 2000°C. Oxidul feros oxidează apoi celelalte elemente însoţitoare. Datorită vitezei foarte mari de insuflare a oxigenului, precum şi datorită faptului că fonta în contact cu oxigenul se transformă în oţel cu densitatea de 7,1 g/cm^3, care tinde să se scufunde, iar locul lui să fie ocupat de fonta cu densitate mai mică de cca 6,5 g/cm^3, se produce o amestecare continuă a băii metalice şi astfel vitezele reacţiilor de oxidare sînt foarte mari. Durata de suflare cu oxigen este de cca 18 min.

Datorită faptului că în interiorul convertizorului există oxigen, CO degajat din reacţia de decarburare arde în mare parte în interiorul convertizorului astfel că temperatura în aceste convertizoare creşte mult, ceea ce permite folosirea în şarjă de cantităţi mari de fier vechi (peste 25 %). Fonta brută folosită pentru afinare nu mai trebuie să aibă compoziţie chimică impusă ca la convertizoarele clasice. Dezoxidarea fierului se realizează cu feromângan introdus în convertizor şi cu aluminiu şi ferosiliciu în oala de captare a oţelului elaborat. Oţelurile obţinute prin acest procedeu sînt de bună calitate, apropiindu-se de nivelul oţelului Martin: sînt maleabile şi ductile, prezintă o bună sudabilitate şi un conţinut mic de azot (0,002-0,006 %). Ele se întrebuinţează la fabricarea tablei, sîrmei şi produselor derivate din ele, benzi, ţevi, bare etc.

Pierderile de fier în convertizoarele L.D. prin volatilizare zgură şi stropi, sînt de 10 - 12 %. Fumul format se captează în epuratoare şi electrofiltre.

In cazul folosirii fontelor fosforoase se poate introduce prin suflare var pulbere împreună cu oxigenul, ceea ce ajută la o defosforare avansată.

Temperatura înaltă din convertizor permite după înlăturarea zgurei de afinare, să se facă alierea oţelului.

Convertizorul rotativ Kaldo

Convertizorul Kaldo cu o formă asemănătoare convertizorului clasic însă fără orificiu de insuflare, funcţionează în poziţie înclinată cu 15 - 20° faţă de orizontală avînd o mişcare de rotaţie în jurul axei sale longitudinale de cca 30 rot/min.

Denumirea Kaldo provine de la numele inventatorului, profesorul suedez Kalling şi prima uzină unde s-a aplicat procedeul "Donnarvete" Suedia. In acest convertizor oxigenul se insuflă sub un unghi de cca 25° faţă de orizontală, printr-o lance răcită, cu presiunea de numai 3-4 daN/cm^2, deci cu viteză redusă. Prin rotirea convertizorului, bara metalică este menţinută într-o continuă mişcare, realizîndu-se o încălzire suplimentară a băii, datorită faptului că la acest procedeu oxidul de carbon ce se formează prin oxidarea carbonului, arde integral în interiorul convertizorului.

Acest convertizor permite creşterea procentului de fier vechi folosit în încărcătură, pînă la 50 %. In figura 6.25 se prezintă schema unui convertizor rotativ Kaldo.

Incărcătura cuptorului este formată din fontă, var şi puţin minereu mărunt. In acest cuptor se realizează o defosforare avansată. Oţelul obţinut este curat. Durata elaborării pe şarje este de 40 - 50 min, iar durata completă a unui ciclu este de 75 - 125 min.

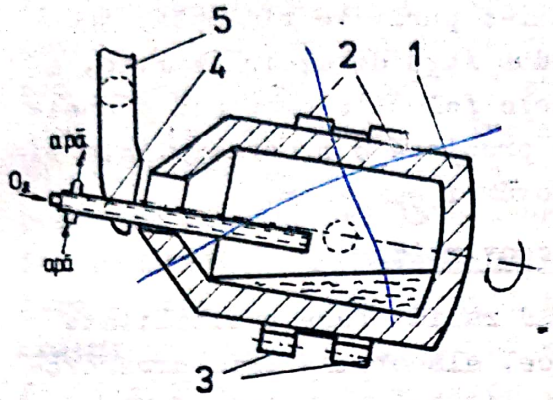


Fig.6.25. Convertizorul rotativ Kaldo (schema)
1-corpul convertizorului;
2,3-sistemul de rotire; 4-lance,
5 - hotă

Convertizorul rotor (rotor Oberhausen).

Este un cuptor cilindric-orizontal, lung de cca 15 m, cu diametrul interior de 3-4 m, care se roteşte cu 0,5 - 1,0 rot/min. Oxigenul de puritate 95 - 98 % se introduce atît în baia metalică (60-75 %) reprezentînd oxigenul primar, cît şi deasupra băii,(25-40%) reprezentînd oxigenul secundar. Durata suflării oxigenului este de cca 60 min, iar durata ciclului de elaborare este aproximativ 2 ore. Oxigenul primar oxidează fierul şi produce agitare intensă a băii, uşurînd reacţia dintre FeO şi elementele însoţitoare, iar oxigenul secundar oxidează CO degajat din baie. Prin aceasta temperatura în rotor se ridică la cca 2000°C, deci minereul şi varul încărcat odată cu fonta formează o zgură bazică şi puternic oxidantă, ceea ce face ca defosforarea să se facă odată cu decarburarea. Capacitatea unui assmenea cuptor poate ajunge pînă la 150 tone. In figura 6.26 se prezintă schema convertizorului rotor.

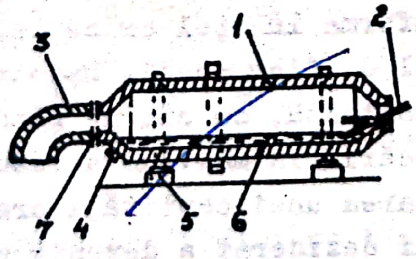


Fig.6.26. Convertizorul rotor. 1 - corpul convertizorului; 2 - lance; 3 - hotă pentru evacuarea gazelor; 4 - evacuare oţel; 5 - sistem de rotire; 6 - baie de oţel; 7 - evacuarea zgurii.

Scanned with OKEN Scanner

Datorită randamentului termic bun, în convertizorul rotor se poate utiliza fier vechi şi minereu în proporţie de cca 50 %.

Oţelul obţinut este de calitate superioară, la nivelul oţelului obţinut de convertizorul rotativ.

In general, oţelurile elaborate în convertizoarele insuflate de oxigen se caracterizează printr-o puritate ridicată, sudabilitate bună şi un preţ de cost redus faţă de oţelul Martin, aceasta datorită faptului că agregatele folosite prezintă o cheltuială de investiţii mult mai mică; prezintă o productivitate ridicată şi o bună ritmicitate a elaborării şarjelor.

Caracteristicile oţelului de convertizor

Procedeul convertizorului fiind rapid, fără posibilitate de reglare fină a compoziţiei chimice, elaborează prin urmare oţeluri obişnuite pentru construcţie. Oţelul acid are proprietăţi mecanice mai bune decît cel bazic: este mai dur, rezistă mai bine la uzură, se sudează şi se prelucrează bine la rece. Oţelul bazic în comparaţie cu cel acid este mai moale, mai plastic, suportă încălziri repetate, se sudează bine şi se prelucrează uşor prin aşchiere.

In general, oţelul de convertizor este utilizat pentru ţevi sudate, produse trase la rece (sîrmă pentru cuie), pentru materiale de cale ferată, pentru piese prelucrate prin aşchiere. Mai întrebuinţat este însă oţelul bazic.

6.2.3. Elaborarea oţelului în cuptoarele cu flacără

Dacă la elaborarea oţelului în convertizoare, materia primă era limitată în ce priveşte procentul unor elemente din compoziţie (minim 1,6 % P la convertizorul bazic şi maxim 0,09 % P pentru convertizorul acid), cuptorul cu flacără este agregatul de elaborare care poate transforma în oţel orice fel de fontă din orice minereu şi orice fel de fier vechi. Rezolvarea acestei probleme este cu atît mai importantă, cu cît ne gîndim că în viitor se pune problema valorificării la maximum a resurselor de minereu concomitent cu reutilizarea unei cantităţi crescînde de fier vechi. Realizarea acestui deziderat a devenit posibilă numai în momentul în care agregatul elaborării a asigurat temperaturi înalte de topire - peste punctul de topire a fierului vechi. Soluţia au găsit-o fraţii Martin în anul 1864, cînd folosind camerele regeneratoare de tip Siemens, prin arderea unui gaz combustibil în prezenţa aerului preîncălzit, s-a asigurat tempera-

tura înaltă necesară topirii încărcăturii de pe vatra cuptorului.

Cuptorul Martin-Siemens (construcţie-funcţionare)

Din punct de vedere constructiv cuptorul Martin este fix mobil (basculant). Caracteristic pentru acest cuptor sînt camerele regeneratoare, care folosesc căldura gazelor arse din cuptor pentru încălzirea gazului combustibil şi a aerului necesar pentru întreţinerea arderii. Cuptorul propriu-zis se compune dintr-o vatră care primeşte încărcătura de metal, spaţiul laborator şi bolta. Laboratorul este spaţiul dintre vatră şi boltă. Pe peretele anterior al laboratorului se găsesc uşile de încărcare, iar pe peretele posterior se găseşte amplasat orificiul de scurgere a topiturii. Pe pereţii transversali se găsesc capetele de ardere şi canalele de aer şi gaze. Combustibilul utilizat poate fi lichid dar mai ales gazos (gaz de gazogen, gazul metan etc), prin arderea căruia se obţin temperaturi de 1650 - 1900°C.

In ce priveşte căptuşeala refractară aceasta se face adecvat caracterului chimic al elaborării pentru vatră şi pereţii laterali şi din silica pentru boltă, ca fiind mai rezistentă la variaţii de temperatură. Capacitatea cuptoarelor Martin este de 300 - 500 tone la noi în ţară existînd capacităţi de 400 tone la Hunedoara şi de 250 tone la Reşiţa. In figura 6.27 se dă schema constructivă de principiu a cuptorului Martin.

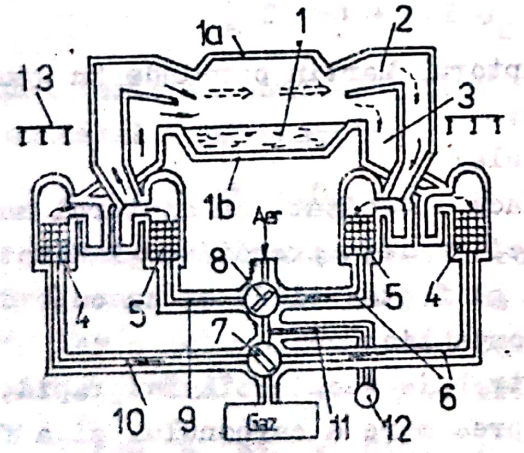


Fig.6.27. Schema constructivă de principiu a cuptorului Martin. 1 - baie de oţel; 1-a - bolta; 1-b - vatra; 2,3 - canale pentru aer şi evacuarea produselor de ardere; 4 - regenerator pentru gaze; 5 - regenerator pentru aer; 6 - canale evacuare gaze arse reci; 7,8 - valvă de inversare a sensului de circulaţie a gazului combustibil şi a aerului; 9,10 - canale alimentare aer, gaz, calde; 11,12 - canal de fum (coş)

Funcţionarea cuptorului se bazează pe manevrarea periodică a camerelor regeneratoare. Astfel, în timp ce o cameră de aer şi una de gaz se află în încălzire (bateria din dreapta din fig.6.27), celelalte două (din stînga, deja calde), cedează căldura aerului şi gazelor combustibile, care intră în cuptor unde ard cu flacără. Produsele de ardere fierbinţi ies prin canalele

(2,3) şi cedează căldura camerelor (4,5) din dreapta după care se evacuează la coşul (12). După un anumit timp de funcţionare cînd camerele (4,5) din stînga s-au răcit, cu ajutorul valvelor (7,8) se inversează sensul de circulaţie al gazelor de combustie şi al produselor combustiunii, această manevră de regulă fiind automatizată.

Metode de elaborare ale procedeului Martin

Marea utilitate a procedeului Martin constă în faptul că permite o mare variaţie a componentelor încărcăturii. După acest criteriu se disting două variante de încărcare:

a - Metoda cu fier vechi şi fontă, cu subvariantele:
- fier vechi şi fontă lichidă;
- fier vechi şi fontă solidă.

b - Metoda fontă - minereu.

Materia primă de bază la încărcăturile după metoda întîia o constituie fierul vechi în proporţie de 60 - 75 % sortat după forma deşeurilor şi compoziţia chimică, restul fiind fonta lichidă (în marile combinate siderurgice) sau fonta solidă (pentru oţelăriile din celelalte unităţi ale industriei constructoare de maşini).

Incărcătura după metoda a doua, are ca pondere fonta lichidă (70 - 75 %), restul fiind alcătuită din 2 -5 % fier vechi şi 20 - 25 % minereu de fier, această încărcare fiind valabilă numai în procedeul bazic.

Elaborarea unei şarje în cuptorul Martin cuprinde în general, următoarele perioade şi faze:

Perioada de afinare, cu fazele:

- încărcarea cuptorului, se face mecanizat, cu ajutorul macaralelor cu braţ rotitor şi al trocilor deja pregătite şi dozate corespunzător pentru fierul vechi şi fonta solidă şi cu oale de transport de la melanjor pentru fonta lichidă;
- topirea încărcăturii, care trebuie făcută cît mai rapid, pentru a nu se produce o oxidare prea mare a carbonului şi a fierului;
- faza de fierbere, care marchează afinarea în stadiu avansat; de fapt afinarea începe imediat după topirea încărcăturii prin intermediul zgurii. Fierberea băii arată că a început arderea carbonului.

Perioada de tragere a zgurii, care se face imediat ce a încetat fierberea băii lichide.

Perioada adăugirilor finale. Pentru dezoxidare şi finisare sau aliere care se face prin adpugare de feroaliaj.

Perioada de evacuare, cînd oţelul se varsă în oalele speciale pentru turnarea oţelului.

Un mers normal al cuptorului asigură peste 4 şarje în 24 de ore. In ultima vreme se pune accentul pe reducerea duratei de elaborare a unei şarje, pe aşa numitele "şarje rapide".

După natura materialelor încărcăturii şi a căptuşelii cuptorului, în cazul elaborării oţelului prin metoda Martin, distingem două procedee: procedeul acid şi procedeul bazic.

a - Procedeul Martin acid

Acest procedeu ca şi la convertizorul Bessemer, reclamă materii prime cu un conţinut foarte mic de sulf şi fosfor (sub 0,05 % fiecare); zgurile rezultate trebuie să fie acide, întrucît desulfurarea şi defosforarea nu sînt posibile. Incărcarea se face de fapt după metoda fier vechi - fontă.

Afinarea în procedeul acid constă prin urmare în curăţirea băii metalice de siliciu, mangan şi carbon. Agentul oxidant, de data aceasta, este oxidul feros care acţionează atît la limita metal-zgură, cît şi în interiorul băii metalice. Mersul chimic al procesului este următorul: oxigenul din atmosfera cuptorului oxidează oxidul feros din zgură:

$$2\,FeO + 1/2\,O_2 = Fe_2O_3$$

Oxidul feric la contactul cu fierul din stratul vecin cu zgura îl oxidează după reacţia:

$$Fe_2O_3 + Fe = 3\,FeO$$

Pentru păstrarea echilibrului metal-zgură, după legea lui Nernst, două molecule de FeO se ridică în zgură şi refac oxidul feric iar o moleculă de oxid feros rămîne disponibilă şi trece în baie, jucînd rol de agent oxidant cînd se petrec reacţiile:

$$2\,FeO + Si = SiO_2 + 2\,Fe + 78990\ Kcal$$
$$FeO + Mn = MnO + Fe + 32290\ Kcal$$
$$FeO + C = CO + Fe - 34460\ Kcal$$

Produsele de ardere (SiO_2 şi MnO) ca şi FeO, se unesc cu bioxidul de siliciu din fondant şi dau silicaţii corespunzători ($FeSiO_3$, $MnSiO_3$) care trec stabili în zgură.

Mersul procesului poate fi întrerupt la atingerea corespunzătoare a conţinutului de carbon şi a temperaturii. Acest luc-

ru este posibil, datorită unei perioade mai lungi de elaborare ca la convertizor, care permite luarea de probe din baie pentru analiză chimică şi chiar unele încercări tehnologice cum sînt cele de deformabilitate, călibilitate etc. După oprirea procesului se trage zgura şi înainte de vărsarea în oală, se dezoxidează baia cu feromangan, ferosiliciu, aluminiu sau alţi dezoxidanţi. Varianta de mai sus e aşa-numita variantă activă, spre deosebire de varianta pasivă, cînd dezoxidarea nu se mai face prin adaos de feroaliaje, ci cu ajutorul siliciului liber redus în baie de la bioxidul de siliciu de către carbon:

$$SiO_2 + 2\,C \longrightarrow Si + 2\,CO + 147910\ Kcal$$

In continuare, siliciul liber îşi exercită rolul de dezoxidant.

Ultima variantă va fi asigurată dacă temperatura cuptorului e superioară, dacă conţinutul în SiO_2 este ridicat, concentraţia de carbon mare şi zgura puţin oxidată în perioada de fierbere. Se obţin astfel oţeluri de bună calitate care nu mai necesită dezoxidări suplimentare la evacuare.

b)- Procedeul Martin bazic

Ca şi la convertizorul Thomas, materialele încărcăturii pot fi mult mai impure cu un conţinut ridicat de fosfor de pînă la 2,2 %. La încărcare, pe vatra cuptorului, în afara materialelor metalice, se încarcă şi fondantul bazic, varul, ca agent direct al eliminării fosforului. Uneori, pentru fluidizarea zgurii, se mai adaugă şi fluorură de calciu (CaF_2). In acest caz al procedeului bazic, varianta fontă-minereu este importantă prin faptul că minereul asigură ca agent oxidant oxidul feros necesar eliminării impurităţilor din baie. In ce priveşte mersul procedeului, arderea siliciului, manganului, carbonului, are loc la fel ca la procedeul acid iar acţiunea de desulfurare şi îndeosebi defosforare se desfăşoară la fel ca la convertizorul Thomas, cu observaţia că, în cazul Martin bazic, oxidarea fosforului se face atît direct cu oxigen, cît şi prin intermediul zgurii de către oxidul feros:

$$2\,P + 2\,1/2\,O_2 = P_2O_5 + 370000\ Kcal$$

după următorul bilanţ:

$$2\,P + 5\,FeO = P_2O_5 + 5\,Fe + 47850\ Kcal$$

Anidrida fosforică formată se elimină după reacţiile:

$$P_2O_5 + 3\,FeO = (FeO)_3 \cdot P_2O_5 + 52360\ Kcal$$

$$(FeO)_3 \cdot P_2O_5 + 3\,CaO = (CaO)_3 \cdot P_2O_5 + 3\,FeO + 104340\ Kcal$$

$$2\,P + 5\,FeO + 3\,CaO = (CaO)_3 \cdot P_2O_5 + 5\,Fe + 208550\ Kcal$$

Sulful se elimină sub formă de sulfură de calciu, după:

$$FeS + CaO = CaS + FeO + 730\ Kcal$$

$$MnS + CaO = CaS + MnO + 6570\ Kcal$$

Totuşi, eliminarea sulfului este greoaie şi se produce numai parţial; în procedeul Martin bazic cel mai bine se elimină fosforul. Mai mult, dacă la convertizorul Thomas ordinea reală a oxidabilităţii elementelor era Si, Mn, C, P, S, Fe, în cazul procedeului Martin defosforarea începe imediat după topire, înainte de decarburare (datorită zgurii ultrabazice la o temperatură nu prea ridicată, în ordinea teoretică după Si şi Mn. Cum reacţiile de defosforare sînt puternic exoterme, pentru a împiedica reducerea fosforului în baie, în tot timpul procesului de elaborare se trage zgura neagră fosforoasă pînă ce se obţine la suprafaţa băii zgura albă calcaroasă.

Mersul procesului se opreşte la procentul corespunzător de carbon, după care în continuare urmează aceleaşi, operaţiuni ca şi la procedeul acid, adică dezoxidarea şi alierea cu ajutorul feroaliajelor sau a metalelor pure.

Pierderile în procedeul bazic sînt de numai 6 % faţă de 13% în procedeul acid.

Caracterizarea afinării în cuptorul Martin

Avantajele elaborării în cuptoarele Martin sînt:

- valorificarea fierului vechi;
- utilizarea de materii prime de compoziţie variată;
- obţinerea de şarje cantitativ mari, cu o compoziţie precisă şi bine dezoxidată;
- pierderi metalice prin ardere mici.

Dezavantajele procedeului Martin, care pot fi înlăturate numai prin elaborarea oţelului în cuptoarele electrice sînt:

- posibilitate limitată de elaborare a oţelurilor aliate cu elemente uşor oxidabile (Ti, V etc), datorită gazelor din atmosfera cuptorului;
- posibilitate redusă de elaborare a oţelurilor care necesită temperaturi superioare, temperatura băii fiind limitată de refractaritatea căptuşelii cuptorului Martin.

Scanned with OKEN Scanner

6.2.4. Caracteristicile oţelului Martin

Proprietăţile oţelurilor obţinute depind de compoziţia materiilor prime şi de condiţiile de elaborare. Astfel, oţelul acid e mai bine dezoxidat decît cel bazic şi conţine o cantitate mai mică de gaze absorbite (hidrogen, azot) şi ca urmare, la o aceeaşi compoziţie chimică, oţelul acid e superior celui bazic; e caracterizat mai ales de o tenacitate şi o rezilienţă ridicată. Datorită însă costului ridicat al materiilor prime, oţelul acid este mai scump şi se utilizează numai pentru piese puternic solicitate. Prin procedeul bazic se obţin oţeluri mult mai ieftine şi mai variate calitativ, motiv pentru care oţelul Martin e cel mai utilizat în industrie. Gradul de dezoxidare se controlează prin forjarea unei probe solidificate cînd un oţel insuficient dezoxidat crapă în timpul forjării.

Indici tehnico-economici de funcţionare la cuptoarele Martin

Principalii indici tehnico-economici de funcţionare sînt:

- producţia cuptorului caracterizată prin cantitatea zilnică de oţel elaborat, raportată la 1 m^2 de vatră.

In prezent, productivitatea zilnică se ridică la 7 - 8 t pe metru patrat vatră zi, iar prin metode avansate de lucru se ajunge de la 11 - 12 la 18 - 19 t/m^2 vatră zi.

- consumurile specifice de materii prime şi auxiliare:

Consumul de combustibil este între 100 - 200 kg/t oţel.

Consumul de fondant este de 6 - 7 % oxid de calciu şi 1 - 2 % fluorură de calciu din greutatea încărcăturii.

Consumul de material refractar se ridică la 75 kg/t oţel, iar cel de dezoxidant este de 0,5 - 1,0 % feromangan, 0,5 - 0,6% ferosiliciu şi 0,01,% aluminiu din greutatea încărcăturii.

Factorii principali de care depinde îmbunătăţirea indicilor tehnico-economici sînt:

- calitatea oţelului elaborat;
- calitatea combustibilului;
- capacitatea cuptorului;
- organizarea muncii;
- folosirea raţională a căldurii prin controlul permanent al arderii, presiunii şi temperaturii în cuptor şi regeneratoare;
- folosirea de metode îmbunătăţite pentru intensificarea arderii combustibilului şi pentru accelerarea afinării.;
- automatizarea şi mecanizarea cuptorului.

Scanned with OKEN Scanner

Metode îmbunătăţite pentru elaborarea oţelului în cuptoarele Martin

Prin folosirea oxigenului la ardere, precum şi insuflarea oxigenului în baia metalică prin lănci, s-a realizat o accelerare considerabilă a procesului de afinare ceea ce duce la îmbunătăţirea indicilor tehnico-economici.

Rezultate bune au fost obţinute prin procedeele noi care folosesc introducerea de oxigen şi combustibil prin bolta cuptorului. Durata de elaborare a şarjei la cuptoarele de mare capacitate (400 - 500 tone) a fost micşorată la 4 ore.

Folosind insuflarea oxigenului din cuptoarele Martin de la Hunedoara, producţia acestora a putut fi mărită cu 40 %/an.

6.2.5. Elaborarea oţelului în cuptoarele electrice

Cu toate că primul brevet al unui cuptor electric de topit oţel a fost scos în 1853, începutul electrosiderurgiei poate fi considerat în jurul anului 1910, de cînd numărul cuptoarelor au crescut continuu iar metpdele de elaborare s-au îmbunătăţit şi s-au adaptat condiţiilor din ce în ce mai severe impuse oţelurilor de calitate. Procedeul electric de elaborare a oţelurilor este cel mai modern şi perfecţionat procedeu introdus pe scară largă în siderurgie, datorită următoarelor avantaje:

- în cuptoarele electrice se pot realiza uşor temperaturi foarte ridicate necesare îndeosebi la elaborarea oţelurilor bogat aliate;
- cuptoarele pot fi puse în funcţiune foarte uşor;
- permit obţinerea unor oţeluri de calitate superioară cu un conţinut minim de impurităţi;
- permit obţinerea diferitelor calităţi de oţeluri superioare şi aliate;
- permit folosirea fierului vechi sub formă de deşeuri;
- cuptoarele au o construcţie relativ simplă, prezintă siguranţă în funcţionare, au randament termic ridicat.

Aplicabilitatea metpdei e recomandată pentru:

- elaborarea oţelului obişnuit acolo unde energia electrică este ieftină;
- elaborarea oţelurilor aliate;
- elaborarea feroaliajelor;
- elaborarea oţelurilor în procedee duplex, triplex etc.;
- elaborarea fontei sintetice prin carburarea fierului vechi.

Scanned with OKEN Scanner

Clasificarea cuptoarelor electrice

Cuptoarele electrice folosite pentru elaborarea oţelului sînt de două tipuri: cuptoare cu arc electric (cu arc direct şi independent) şi cuptoare cu inducţie (de înaltă sau joasă frecvenţă).

La cuptorul cu arc direct, electrozii verticali din grafit fac arc direct cu baia metalică în sistemul cu vatră conducătoare sau cu vatră neconducătoare. Astfel, la cuptoarele cu vatră conducătoare, fig.6.28-a, curentul se închide după circuitul: electrod - arc - zgură - metal - vatră - electrodul din vatră şi asigură o încălzire uniformă pe toată înălţimea băii; complicaţiile constructive însă au dus la înlocuirea acestui gen de cuptor cu cele din figura 6.28-b şi 6.29 cu vatră neconducătoare sau de tip Héroult. La acest tip arcul se închide după circuitul electrod - arc - zgură - metal - zgură - arc - electrodul vecin.

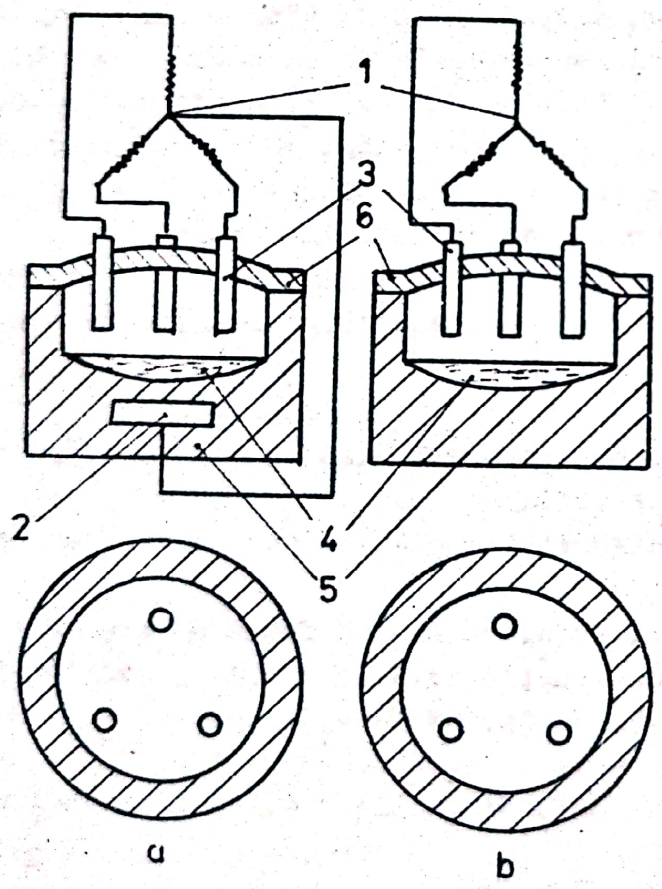


Fig.6.28. Cuptoare cu încălzire directă. a - cu vatră conducătoare; b - cu vatră neconducătoare; 1 - transformator; 2-placă de cupru; 3-electrozi; 4-baie metalică; 5 - corp; 6 -boltă

Cuptorul e de formă cilindrică, cu fundul sferic, în boltă fiind trei orificii prin care pătrund cei 3 electrozi de grafit verticali. Pentru basculare pe corpul cuptorului sînt prevăzute angrenaje, roată dinţată, cremalieră (acţionată electric sau hidraulic). Reglarea lungimii arcului electric, pe măsură ce electrozii se consumă, se face automat printr-un sistem electromagnetic. Capacitatea cuptoarelor trece azi de 50 tone. La noi în ţară funcţionează cuptoare cu capacitate de la 500 kg 50 tone.

Alimentarea cuptorului se face cu curent alternativ trifazat care cu ajutorul transformatorului coboară tensiunea de la 6000 V la 80 V.

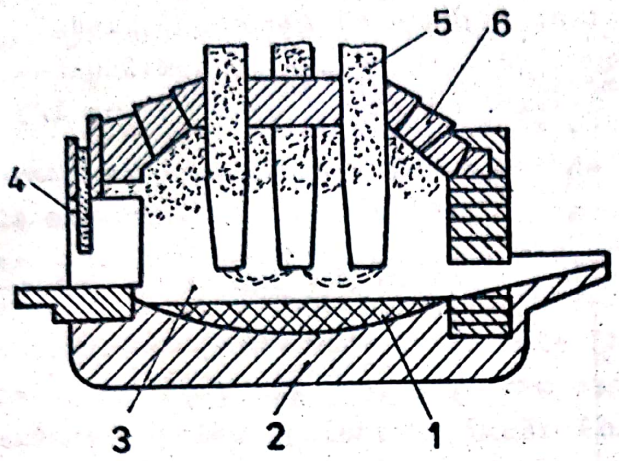


Fig.6.29. Secţiune prin cuptorul Héroult.
1 - bară metalică;
2 - zidăria;
3 - zgură;
4 - uşă încărcare;
5 - electrod grafit;
6 - boltă

In ce priveşte cuptoarele cu încălzire indirectă sau cu arc independent, acestea realizează topirea încărcăturii prin radiaţia căldurii de la arcele ce se formează între electrozii aşezaţi orizontal sau înclinaţi deasupra băii (fig.6.30).Aceste cuptoare se pot alimenta cu orice fel de curent alternativ, metalul neluînd parte la formarea arcului. Sînt folosite pentru topirea oţelului în turnătoriile mici; uneori fiind folosite şi la fabricarea fontei maleabile.

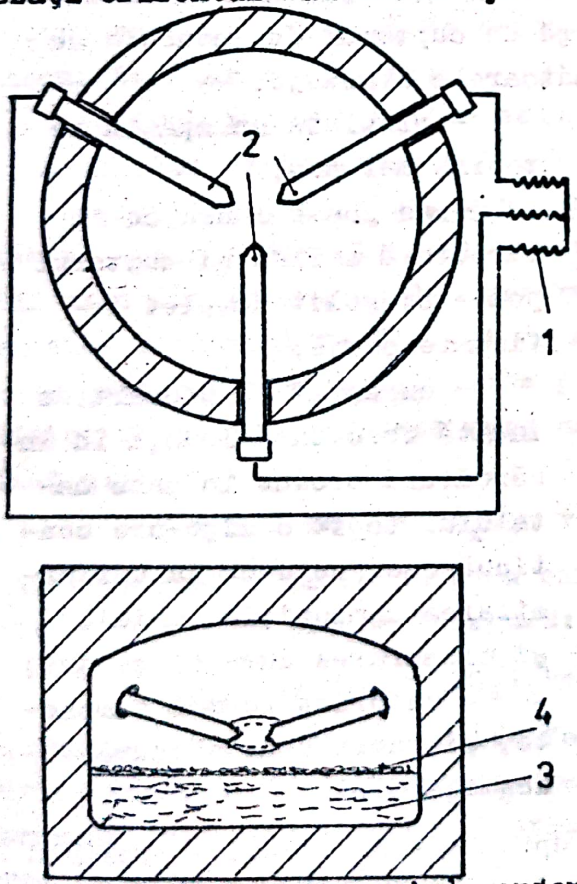


Fig.6.30. Cuptor cu arc independent.
1 - transformator; 2 - electrozi;
3 - baie metalică; 4 - zgură

Cuptoarele electrice cu inducţie

Aceste cuptoare sînt realizate pe principiul transformatorului în care secundarul este însuşi metalul de topit din încărcătură. Din punct de vedere constructiv sînt de două feluri: cu miez şi fără miez.

Curentul indus îndus în secundar, fig.6.31, respectiv în baia metalică, prin efectul Joule, încălzeşte şi topeşte metalul. Aceste cuptoare au totuşi dezavantajul că nu tot conţinutul de metal se poate folosi, un mic strat trebuie să rămînă pe fundul creuzetului inelar ca spiră secundară închisă pentru continuarea procesului la şarja următoare; cantitatea rămasă este de cca 1/3 din şarjă.

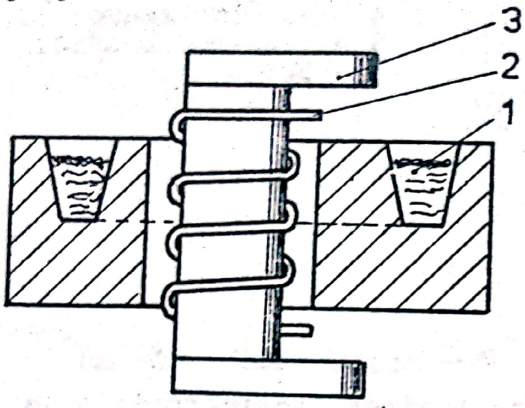


Fig.6.31. Cuptor cu inducţie cu miez
1 - baie metalică;
2 - bobinaj primar;
3 - miez de fier

Mai utilizate sînt cuptoarele de înaltă frecvenţă (fig. 6.32), care ating capacităţi de peste 8 tone şi care lucrează cu frecvenţa de 500 - 1000 Hz. Faţă de cuptorul de inducţie cu miez, cele fără miez prezintă următoarele avantaje:

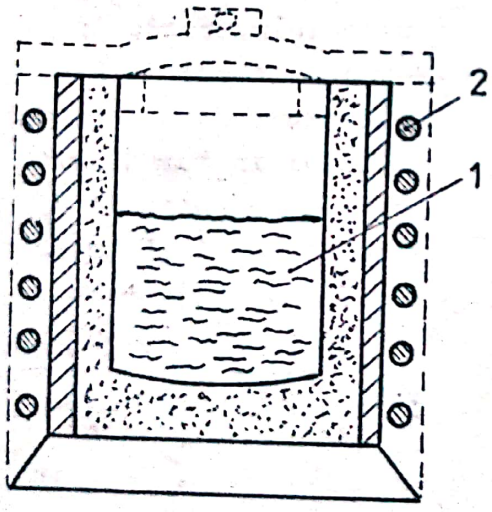


Fig.6.32. Cuptor cu inducţie fără miez (schemă)
1 - baie metalică; 2 - bobinaj primar

- prezintă un spaţiu de topire mai bun;
- se poate lucra cu încărcătură solidă şi cuptorul poate fi golit complet la fiecare şarjă;
- curenţii turbionari de înaltă frecvenţă induşi în încărcătură produs în masa metalului topit o mişc-are continuă ceea ce duce la unfformizarea compoziţiei chimice şi micşorarea duratei şarjei;
- datorită formei compacte, pierderile de căldură neglijabile.

Faţă de cuptoarele cu arc, cuptoarele cu inducţie prezintă avantajele: nu necesită electrozi, încălzirea metalului uniformă, randamentul termic ridicat. Zgura este strat protector.Cuptoarele cu inducţie sînt uşor adaptabile elaborării oţelului în vid.

Procesul elaborării oţelului în cuptorul electric

Elaborarea oţelului în cuptoarele electrice, după natura componentelor încărcăturii,,în ce priveşte compoziţia chimică, cunoaşte două variante: procedeul bazic şi acid.

a - Procedeul bazic în cuptorul cu arc.

Prin procedeul electric se obţin oţeluri în special defosforate şi desulfurate. In raport de procentul de sulf şi fosfor din materialele încărcăturii, se cunosc trei metode de elaborare: - elaborarea fără oxidare sau prin simplă retopire a componentelor încărcăturii; - elaborarea cu oxidare parţială, care se aplică atunci cînd materialele încărcăturii conţin sulf şi fosfor în limitele admise pentru oţelul dorit; - elaborarea cu oxidare totală, aplicabilă încărcăturii cu un conţinut ridicat de sulf şi fosfor.

Ultima metodă constituie procedeul clasic al elaborării cantitative a oţelul electric bazic. Procedeul cuprinde în desfăşurarea sa următoarele faze:

- încărcarea cuptorului - din deşeuri de oţel, carbonat de calciu, var ars, clorură de calciu şi o oarecare cantitate de minereu de fier şi ţunder;
- topirea încărcăturii - prin apropierea electrozilor formarea arcului şi cuplarea pe reglare automată a cuptorului;
- oxidarea siliciului, manganului şi carbonului, care se face pe seama oxigenului din minereu şi mai ales prin intermediul oxidului feros, ca la cuptorul Martin. Produsele rezultate formează silicatul de fier şi de mangan care trec în zgură;
- oxidarea fosforului este posibilă datorită existenţei oxidului feros în cantitate mare care oxidează fosforul după reacţia:

$$2\,P + 5\,FeO = P_2O_5 + 5\,Fe + 47850\ Kcal$$

Anhidrida fosforică formată cu oxidul feros formează fosfatul triferic care se ridică în zgură:

$$P_2O_5 + 3\,FeO = (PO_4)_2Fe_3 + 5\,360\ Kcal$$

Intrucît la temperaturi înalte fosfatul triferic se reduce readucînd fosforul în baie, prezenţa oxidului de calciu duce la formarea unor combinaţii mai stabile de fosfat de calciu, care trec în zgură, după reacţia:

$$4\,CaO + Fe_3(PO_4)_2 = (CaO)_4P_2O_5 + 3\,FeO + 108340\ Kcal$$

- evacuarea zgurii este o fază caracteristică, asemănătoare procedeelor bazice Thomas şi Martin, cînd pentru a nu readuce fosforul în baie prin adăugirile ulterioare, se trage afară zgura neagră fosforoasă. După 2-3 trageri de zgură, în baie rămîne un procent admisibil de fosfor (sub 0,01 %).

Pentru accelerarea arderii carbonului, după defosforare, în baie se mai adaugă minereu, în urma reacţiilor provocîndu-se o fierbere puternică a băii, motiv pentru care elaborarea cu oxidare totală se mai numeşte şi topire cu fierbere;

- recarburarea băii care are drept scop dezoxidarea şi formarea oţelului ca aliaj Fe-C dorit; se realizează prin adaos în baie de cocs, fontă sau electrozi sparţi;

- dezoxidarea băii, care se face după recarburare, se poate realiza în două moduri: sub zgură albă sau sub zgură carbidică. Adăugîndu-se în baie var, florură de calciu şi cocs, se provoacă reducerea substanţială a oxizilor de fier şi mangan, zgura obţinută fiind albă:

$$FeO + C = Fe + CO$$
$$MnO + C = Mn + CO$$

Acţiunea dezoxidantă este aproape completă, ne mai necesitînd dezoxidări suplimentare la evacuarea oţelului în oala de turnare.

In ce priveşte dezoxidarea sub zgură carbidică aceasta se face prin intermediul carbidului care se formează sub acţiunea temperaturii înalte între varul ars şi cocs, lîngă arcul electric:

$$CaO + 3\,C = CaC_2 + CO$$

Carbidul este un puternic reducător al oxizilor de fier şi de mangan acţionînd şi asupra defosforării şi desălfurării.

Mersul dezoxidării, după una din variantele de mai sus, depinde de raportul cantitativ al adaosurilor: var, florură de calciu şi cocs (12/2/1 la zgura albă şi 6,5/1,5/2 la zgura carbidică). In ultima variantă, desulfurarea se face complet, iar dezoxidarea se desăvîrşeşte prin adaosuri finale suplimentare de ferosiliciu şi aluminiu;

- ajustarea finală a compoziţiei se mai face doar în ce priveşte conţinutul în elemente de aliere înainte de evacuarea în oală în vederea turnării.

b - Procedeul acid în cuptorul cu arc

Incărcătura în acest caz se compune din: 50 - 60 % produse rebutate şi restul fier vechi, în tot cazul componentele încărcă-

turii să aibă un conţinut minim de sulf şi fosfor. Pentru oxidarea siliciului, manganului şi carbonului se adaugă încărcăturii minereu, mersul reacţiilor chimice fiind identic cu cele de la cuptorul Martin activ. După afinare, înainte de dezoxidare, zgura formată se îndepărtează. Ca dezoxidant se adaugă numai feromangan.

Procedeul acid este aplicabil datorită următoarelor avantaje: - durata elaborării e mai redusă ca la procedeul bazic, iar incluziunile de zgură în piesele turnate sînt mult mai accidentale; - zgura acidă se separă mult mai uşor de baia metalică decît zgura bazică; - faţă de procedeul Martin, oţelul rezultat are o temperatură mai înaltă, o fluiditate mai mare şi prin urmare se pot furna mai uşor piese cu pereţi subţiri.

c - Procedeul elaborării oţelului în cuptoarele electrice cu inducţie

Această metodă de elaborare este de fapt o simplă retopire a componentelor curate şi precis dozate, şarja rezultînd de regulă fără zgură. Mai mult, topirea făcîndu-se din interior spre exterior, se asigură o uniformă amestecare a băii ceea ce înlesneşte obţinerea de oţeluri puternic aliate. Intrucît suprafaţa băii faţă de volum este mică, oxidarea e neglijabilă şi oţelul rezultat e de bună calitate. De fapt, metoda nu este altceva decît varianta modernă a elaborării oţelului în creuzet, încărcătura fiind compusă din deşeuri de oţel cu conţinut ridicat de Ni, W, Cr, Mo, V etc. Cuptoarele cu inducţie, căptuşite cu materiale suprarefractare, cu o frecvenţă de 20000 Hz, procură şi temperaturi de 2000 - 2300°C, ceea ce asigură elaborarea şi turnarea de aliaje dure care posedă un punct înalt de fuziune.

Caracterizarea elaborării oţelului în cuptoarele electrice

Prin calitatea lor, oţelurile elaborate în cuptoare electrice sînt superioare tuturor oţelurilor obţinute prin alte procedee. Din punct de vedere cantitativ însă, elaborarea în convertizorul cu oxigen şi cuptorul Martin este mult înaintea cuptorului electric. Tendinţa actuală este ca elaborarea în cuptoarele electrice să se facă numai în cazul oţelurilor înalt aliate. După destinaţie oţelurile obţinute sînt pentru scule sau cu proprietăţi fizico-chimice speciale.

Caracteristicile elaborării au la bază: lipsa influenţei chimice a combustibilului; se elimină aproape complet sulful şi

fosforul; reglarea temperaturii se face uşor; oţelul elaborat este scump.

Indici tehnico-economici a elaborării oţelului în cuptoarele electrice

Principalii indici tehnico-economici sînt:

a - productivitatea cuptoarelor electrice, dată de cantitatea de oţel elaborată în tone raportată la 1 Kwh. Ea variază în mare măsură în funcţie de capacitatea cuptorului, de condiţiile de producţie şi de tehnologia aplicată;

b - consumul de energie electrică variază între 200 - 850 Kwh/tona de oţel, depinzînd de natura încărcăturii;

c - consumul de electrozi variază între 3-5 kg/t oţel depinzînd de natura electrozilor şi felul încărcăturii;

d - durata de elaborare a unei şarje depinde de felul încărcăturii, de capacitatea cuptorului şi variază între 2-8 ore;

e - timpul efectiv de lucru în zile ajunge la 325-330 zile pe an, ceea ce în comparaţie cu alte tipuri de cuptoare este foarte mult.

Metode moderne de elaborare a oţelului în cuptoare electrice

Prin aceste metode se urmăreşte îmbunătăţirea indicilor tehnico-economici. Astfel, se foloseşte suflarea de oxigen în baia metalică în locul folosirii minereului de fier, presiunea de insuflare fiind între 7 - 10 daN/cm^2 iar consumul de oxigen de 6 - 12 m^3/tona de oţel elaborat.

Ca avantaje tehnico-economice mai importante a acestei metode deosebim:

- temperatura băii metalice creşte şi viteza reacţiilor se măreşte;
- se reduce durata totală a elaborării;
- productivitatea cuptoarelor creşte cu 30 - 40 %;
- consumul de energie electrică scade cu 15 - 20 %;
- la elaborare se foloseşte o cantitate mare de fontă între 60 - 80 %, faţă de cea normală 15 - 20 %, astfel că preţul de cost a oţelului obţinut este mai redus.

6.2.6. Procedeul elaborării oţelului de creuzet

Elaborarea unor cantităţi mici de oţel se efectuează în creuzete, în special pentru oţeluri de scule sau pentru piese

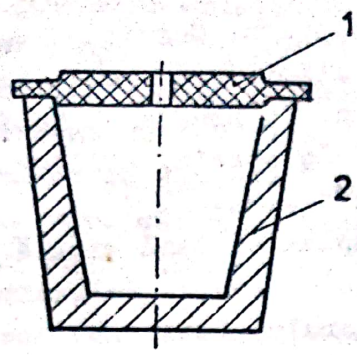


Fig.6.33. Creuzet.
1-capac; 2-creuzet

mărunte (piese de ceas, arcuri etc), prin metoda retopirii şi diluării în creuzete, fig.6.33, a unor materiale (bucăţi de oţel) de compoziţie cunoscută. Rezultă oţeluri de calitate superioară echivalate doar de oţelul elaborat prin procedeul electric. Creuzetele sînt executate din amestec de argilă şi grafit cu capacitatea de 20 - 50 kg. Creuzetele se încarcă în cuptoare încălzite cu gaz combustibil lichid, solid sau gazos, unde prin radiaţie se încălzesc la temperatura de 1650 - 2000°C. Incărcătura nevenind în contact cu flăcările calitatea oţelului este superioară. După topire creuzetele se scot din cuptor şi oţelul se toarnă direct în lingotiere sau forme. In funcţie de compoziţia sa oţelurilor pot fi de scule, de construcţie sau pentru piese speciale.

6.2.7. Procedee combinate de elaborare a oţelului

In această categorie intră în general aşa numitele procedee duplex, care constau în efectuarea elaborării oţelului în mai multe cuptoare, cu scopul fie a obţinerii unui oţel de calitate superioară, fie pentru o mai economică conducere a procesului de elaborare.

Dintre cele mai folosite variante amintim:

- Procedeul duplex Thomas-Martin acid, care are drept scop mărirea productivităţii cuptorului Martin, în acelaşi timp cu elaborarea unui oţel acid, folosind fonte fosforoase. In convertizorul Thomas se desăvîrşeşte defosforarea iar în cuptorul Martin se exscută dezoxidarea şi degazarea.

- Procedeul Bessemer-Martin bazic, are drept scop micşorarea duratei şarjei în cuptorul Martin, urmărindu-se şi reducerea corespunzătoare a consumului de combustibil. Oţelul obţinut după cca 8 min de insuflare în covertizorul Bessemer, se toarnă în cuptorul Martin bazic, în care au fost încărcate în prealabil varul şi fierul vechi. Prin această metodă, în cuptor are loc desulfurarea şi oxidarea restului de carbon.

- Procedeul duplex cuptor Martin - cuptor electric urmăreşte în special o bună desulfurare a oţelului pentru o purificare înaltă.

- Procedeul cuptor Martin fix - oală de turnare este cea mai

simplă combinaţie. Oţelul obţinut în cuptorul Martin se varsă cu zgură cu tot în oala de turnare. După eliminarea zgurii, oţelul se introduce din nou în cuptorul Martin, în prealabil încărcat cu var şi minereu; acest procedeu este în special utilizat în cazul cînd materia primă e o fontă fosforoasă.

Dintre toate procedeele, cele duplex cu fază finală cuptor electric asigură oţelului cele mai bune calităţi. Folosirea cuptorului Martin (bazic) sau a convertizorului (acid sau bazic) împreună cu cuptorul electric, vizează următoarele scopuri: - ieftinirea elaborării oţelului de calitate, folosind cuptorul electric numai în faza finală; - mărirea producţiei de oţel electric; - evitarea supraîncărcării reţelei electrice în perioadele de vîrf.

Uneori se întîlnesc în practica industrială şi procedee triplex de elaborare. Astfel, oxidarea se face în convertizor, defosforarea şi oxidarea restului de carbon în cuptor Martin bazic, iar dezoxidarea şi alierea în cuptorul electric.

Concluzia finală este că oţelurile obţinute prin procedeele duplex sau triplex, cu folosirea cuptorului electric, sînt oţeluri electrice, numai că sînt mult mai ieftine decît oţelul elaborat numai în cuptorul electric.

6.2.8. Procedee directe de elaborare a oţelului

Noile tendinţe ale cercetării în siderurgie, sînt îndreptate în direcţia obţinerii directe a oţelului din minereu, excluzîndu-se produsul intermediar, fonta. Justificarea procedeului clasic de obţinere a oţelului prin intermediul fontei derivă din următoarele considerente:

- minereurile de fier folosite sînt în general de tip oxid şi extragerea fierului nu se poate face uşor decît cu o topire reducătoare, în urma căreia, procentul de carbon depăşind 2,06% se obţine în loc de oţel fontă;
- pe de altă parte, temperatura de topire a fontei (1250°C) se realizează mai uşor în cuptoarele metalurgice decît temperatura de topire a oţelului (1500 - 1600°C).

De fapt, încercările de reducere directă a minereurilor şi obţinerea oţelului mai vizează pe lîngă eliminarea fontei şi valorificarea minereurilor sărace şi a cărbunilor inferiori, precum şi a obţinerii de materii prime de calitate pentru oţelul de fuziune.

Prin procedeele directe se obţin nişte lupe, în cuptoare

orizontale care funcţionează prin rotire ca şi morile de ciment. Dintre procedee amintim:

a - Procedeul Basset, ca un proces continuu de preparare a minereurilor sărace şi prăfoase. Mersul elaborării este următorul: într-un cuptor cilindric (fig.6.34) lung de 60-70 m şi cu un diametru de 2,5 - 4,0 m, înclinat cu 2 - 30°, se încarcă amestecul de var, cărbune, minereu sfărîmat la o granulaţie de 5-7 mm cuptorul funcţionînd prin rotire lentă. Ca urmare, încărcătura

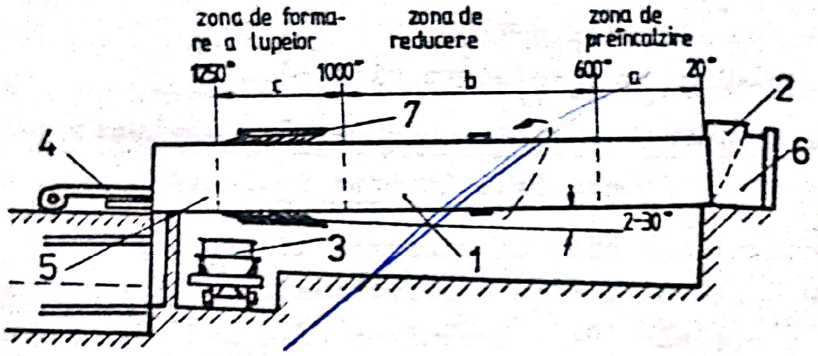


Fig.6.34. Schema cuptorului Basset.
1 - corpul cilindric al cuptorului; 2 - pîlnie de încărcare; 3 - oală de turnare; 4 - injector; 5 - descărcare în oală; 6 - registru pentru gaze

parcurge în 6-8 ore întreaga lungime a cuptorului, trecînd prin zone caracteristice aproape identice cu cele de la furnal. Gazele de ardere ale unui combustibil prăfos pulverizat merg în contracurent cu încărcătura; în drumul ei, aceasta trece prin zone din ce în ce mai calde; mai întîi în zona a se preîncălzeşte pînă la 600°C; se elimină apa şi substanţele volatile, apoi se trece în zona b de reducere propriu-zisă a oxizilor (600-1000°C), zona cea mai lungă, după care în ultima zonă c se desăvîrşeşte procesul de obţinere a lupelor de fier. La temperatură înaltă (1250°C) zgura devine fluidă şi se separă, crescînd astfel conţinutul în fier de la 20 % cît avea minereul sărac la 90 % şi de la 25 - 30 % la 92 - 94 %.

b - Procedeul de Wecchis urmăreşte obţinerea oxizilor stabiliţi (magnetit) din minereuri pe calea unei simple încălziri în aer. Tot într-un cuptor lung orizontal se execută prăjirea oxidantă cu obţinerea unei zguri păstoase, în care sînt înglobate şi particolele de magnetit. Această pastă se elimină într-un bazin cu apă, unde se răceşte, după care trece la măcinare la o moară cu bile (la mărime sub 1 mm) şi la separatorul magnetic.

Magnetitul concentrat obţinut se foloseşte fie ca adaos în furnal, fie la fabricarea directă a oţelului. In ultimul caz, granulele de magnetit se amestecă cu praf de cărbune şi se încarcă în cuptorul rotativ orizontal încălzit cu gaz. In proces, oxizii se reduc, iar buretele de fier obţinut trece într-un cuptor special de fabricat lupe de oţel.

Cu toate acestea preţul de cost ridicat al oţelului obţinut prin metodele directe faţă de oţelul de fuziune obişnuit, face ca aplicabilitatea metodelor să fie încă destul de redusă şi în industrie funcţionează astăzi încă puţine uzine care folosesc elaborarea oţelului prin reducere directă.

6.2.9. Comparaţia tehnico-economică a oţelurilor elaborate prin diverse procedee

Productivitatea cea mai ridicată dintre toate procedeele de elaborare a oţelului o au convertizoarele. De asemenea, preţul de cost a oţelului de convertizor este mai mic întrucît instalaţia e simplă, cheltuielile de exploatare reduse, lipsa unei energii exterioare pentru elaborare.

In schimb, oţelul elaborat în convertizor calitativ este inferior celorlalte procedee datorită faptului că producţia este relativ neuniformă din cauza şarjelor mici, reglarea compoziţiei oţelului se face greu datorită timpului scurt de elaborare a şarjei, pierderile de metal sînt mari, oţelul conţine multe gaze şi incluziuni.

Prin procedeele dee elaborare în cuptoarele Martin, se obţin oţeluri calitativ superioare şi în cantităţi mari cu o compoziţie chimică precisă şi bine dezoxidată. Calitatea cea mai bună de oţel Martin este cea acidă întrucît dezoxidarea este mai bună, gazele dizolvate azot, hidrogen în cantitate redusă. Oţelul acid are caracteristicile mecanice superioare, în schimb este mai scump.

Procedeul Martin bazic este cel mai răspîndit însă cu toate îmbunătăţirile aduse oţelul conţine multe gaze şi incluziuni. Procedeul este însă rentabil întrucît permite folosirea încărcăturilor variate privind compoziţia chimică şi conţinutul în carbon şi fosfor, actualmente majoritatea oţelurilor carbon de calitate şi un număr mare de oţeţuri slab aliate se elaborează în cuptorul Martin bazic.

Trebuie arătat că în covertizoarele cu oxigen se obţin oţeluri similare celor Martin bazic în condiţii mult mai avanta-

joase de unde procedeul e din ce în ce mai răspîndit.

La noi în ţară se prevede dezvoltarea producţiei de oţel de convertizor în proporţie de peste 40 % iar în cuptoarele electrice de peste 11 %, ceea ce se înscrie în tendinţele pe plan mondial privind metodica elaborării oţelurilor.

Oţelurile cele mai bune se elaborează în cuptoarele electrice datorită avantajelor prezentate la descrierea procedeului.

Astfel, condiţiile din cuptoarele electrice cu arc, asigură posibilitatea obţinerii oţelurilor cu compoziţii precise, cu un grad avansat de puritate în ce priveşte conţinutul incluziunilor nemetalice, permiţînd elaborarea şi de oţeluri bogat aliate.

Oţelul elaborat cu cuptoarele electrice cu arc conţine însă multe gaze, întrucît în zona arcului electric gazele azot şi hidrogen sînt în stare atomică şi difuzează uşor în baie. Aceste incoveniente pot fi evitate prin barbotarea oţelului cu argon.

Trebuie remarcat faptul că îmbunătăţirea substanţială a calităţii oţelului se poate realiza prin tratarea în vid a oţelului topit prin retopire în vid sau sub zgură.

6.2.10. Turnarea oţelului în lingotiere

Turnarea oţelului în lingotiere reprezintă faza finală a elaborării acestuia; de reuşita acestei operaţii depinde în măsură însemnată calitatea oţelului solidificat supus prelucrărilor ulterioare. O parte din oţelul elaborat se toarnă în piese; dar cea mai mare parte se toarnă în forme metalice numite lingotiere în vederea obţinerii semifabricatelor pentru laminare şi forjare numite lingouri.

a - Utilajele turnării

Turnarea se face într-o hală special amenajată numită hală de turnare în care se găsesc montate lingotiere. In vederea turnării se pregătesc în prealabil: jgheabul de turnare, oala de turnare şi lingotierele.

- Jgheabul este confecţionat din tablă groasă, căptuşit cu materiale refractare, simplu sau bifurcat, uneori demontabil.

- Oala de turnare, fig.6.35, cu o capacitate de 70 tone, constă dintr-o manta din tablă de oţel căptuşită cu cărămizi din şamotă. Oala este prevăzută cu fusuri solidare de manta şi cu un sistem de blocare în timpul transportului. Pentru turnare are un orificiu de fund astupat cu un dop refractar, comandat din exterior cu un sistem de pîrghii, protejat cu tuburi refractare. Axa de rotaţie a căldării în vederea descărcării este situată deasu-

pra centrului de greutate. După fiecare turnare, oala se repară, mai ales la orificiul de fund (5) şi tija refractară (7,8); zidăria refractară (4) rezistă la 10-15 turnări. Transportarea oalelor se execută cu ajutorul macaralelor.

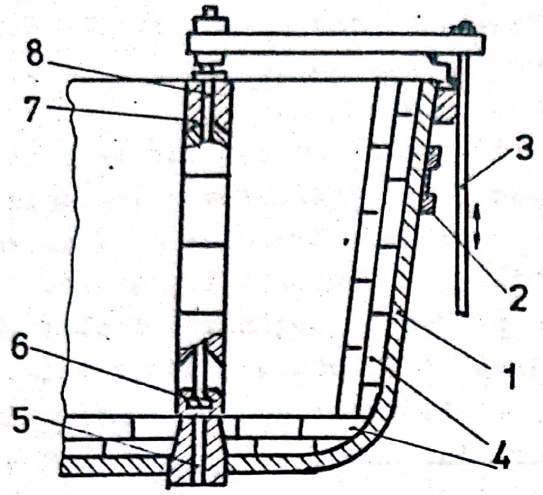


Fig.6.35. Secţiune în oala de turnare.
1-manta metalică; 2-centură de rotaţie; 3-sistem de comandă a dopului de închidere; 4-zidărie refractară; 5-orificiu de fund; 6-dop de închidere; 7-tuburi refractare; 8-tijă

Lingotiera (fig.6.36) este forma metalică în care se toarnă oţelul topit în vederea obţinerii lingourilor. Constructiv lingotiera este un trunchi de piramidă, cu secţiunea transversală rotundă, patrată, dreptunghiulară (pentru laminare) sau hexagonală, octogonală (pentru forjare), colţurile secţiunilor fiind rotunjite. Baza mare poate fi în jos (lingotiere direct conice) sau baza mare în sus (lingotiere invers conice). Se pot construi cu sau fără fund, dintr-o bucată sau din mai multe părţi, cu sau fără maselote. Pentru uşurinţa scoaterii lingourilor, înclinaţia sau conicitatea este de 2,5 - 3,0 % pentru laminare şi 3 - 4 % la lingourile pentru forjare.

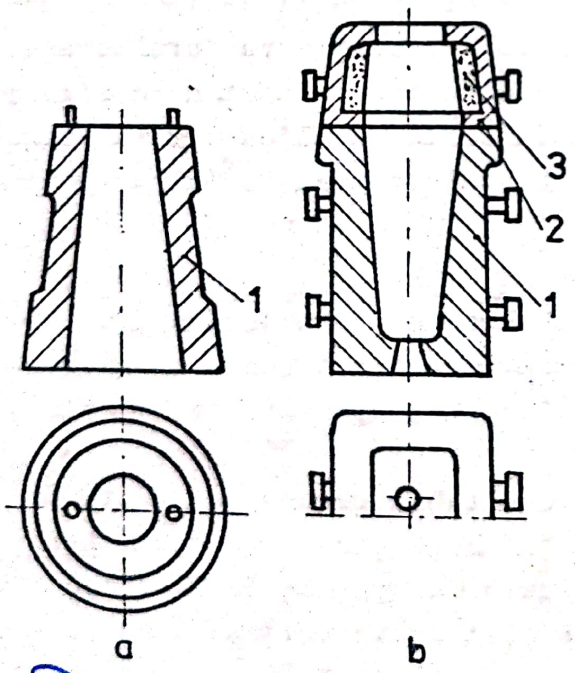


Fig.6.36. Tipuri de lingotiere.
a-lingotieră direct conică; b-lingotieră invers conică; 1-corpul lingotierei; 2-rama maselotă; 3-amestec de formare sau exoterm

Pentru a micşora retasura, la partea superioară se prevede o maselotă, adesea exotermă, pentru a asigura alimentarea părţii inferioare cu metal lichid un timp cît mai îndelungat. Ca material, lingotierele se fac din oţel şi mai

ales din fontă, cu grosimi de perete de peste 25 cm, mergînd pînă la 40 cm şi mai mult. In vederea turnării, lingotierele se montează pe patul de turnare din hală, special amenajat pentru modul de turnare. După solidificare, lingotierele se extrag de pe lingouri, cu ajutorul unui dispozitiv, numit striper, acţionat cu o macara - pod rulant.

b - Metode de turnare a oţelului.

După calitatea oţelului şi mărimea lingourilor, turnarea cunoaşte două variante: turnarea directă şi turnarea indirectă sau prin sifon.

- La turnarea directă umplerea se face prin alimentare la partea superioară, cu orificiul oalei pe axa centrală a lingotierei (fig.6.37). Avantajele turnării directe sînt: - lingoul se solidifică repede, structura lingoului e mai densă şi cu o granulaţie mai fină; - retasura, mai puţin adîncă, e concentrată la partea superioară a lingoului; - oţelul e mai curat, neintervenind impurităţile din căptuşeala sistemului de turnare prin sifon.

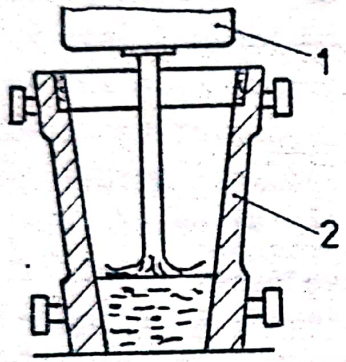


Fig.6.37. Modul de turnare directă.
1 - oala de turnare;
2 - lingotiera

Ca dezavantaj amintim: - la turnare se produc stropi prin lovirea jetului de fundul lingotierei, acest lucru fiind cu atît mai intens, cu cît înălţimea de cădere a metalului e mai mare; - posibilitate redusă de turnare cu viteză mică.

Ca urmare, metoda se foloseşte la turnarea oţelurilor de calitate şi speciale, şi mai ales la turnarea de lingouri mari. In ce priveşte diminuarea stropirii şi potrivirea umplerii pe axa lingotierei (pentru a nu spăla pereţii lingotierei), de regulă se interpune între oală şi lingotieră o pîlnie special confecţionată prevăzută cu orificii potrivite de umplere şi cu filtre de reţinere a zgurii şi de reglare, mai ales a vitezei de umplere.

- La turnarea prin sifon umplerea lingotierei se face lent şi progresiv, începînd de la partea inferioară spre partea superioară. De regulă, turnarea se face prin intermediul unui sistem de alimentare centralizat, adică o pîlnie şi un picior de alimentare care asigură, printr-un sistem de ramificaţii de canale de

alimentare, umplere simultană a două sau mai multor lingotiere. In figura 6.38 se dă o secţiune prin sistemul de turnare prin sifon.

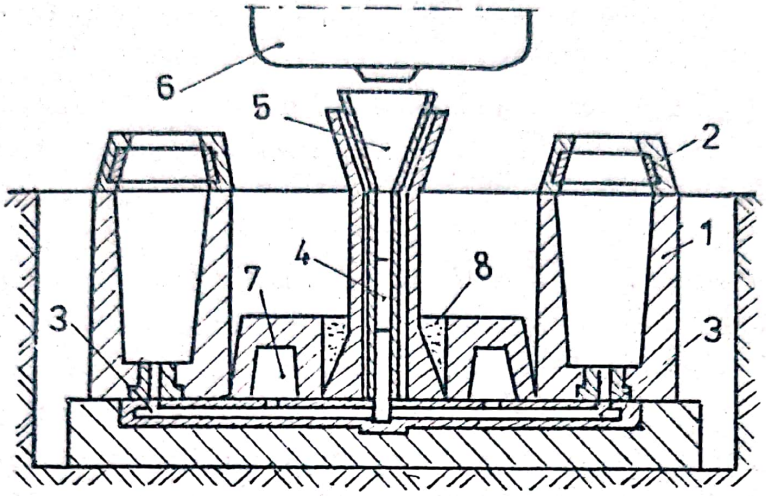


Fig. 6.38. Secţiune a sistemului turnării prin sifon.
1-lingotieră; 2-ramă maselotă; 3-canale alimentare; 4-picior de alimentare; 5-pîlnie de turnare; 6-oala de turnare; 7-colectoare zgură; 8-masă refractată

Avantajele turnării prin sifon:

- durata de turnare scurtă, uzură mică a dopului oalei de turnare;
- suprafaţa lingoului este curată, fără stropi, ca la turnarea directă;
- durabilitatea lingotierelor creşte cu 90 % faţă de turnarea directă.

Ca dezavantaje remarcăm:

- costul ridicat al pregătirii turnării;
- oţelul iese mai impur, cu multe impurităţi, în special incluziuni nemetalice;
- tendinţă de formare a retasurii secundare, oţelul fierbinte situîndu-se la partea inferioară a lingotierelor;
- capete pierdute prin canalele de alimentare.

Metoda e des utilizată, de regulă pentru obţinerea lingourilor mici şi cu suprafaţă curată.

c - Turnarea oţelului calmat, semicalmat şi necalmat

Prin oţel calmat se înţelege oţelul bine dezoxidat înaintea turnării, dezoxidare care se face cu fesosiliciu, introdus

în cuptor; pe jgheab sau în oala de turnare; alteori dezoxidarea se realizează prin adaos de aluminiu în baia de topire sau în ligotieră. O bună dezoxidare duce la îndepărtarea fierberii metalului în timpul solidificării după turnare, însă timpul necesar dezoxidării, duce totodată la dizolvarea unei mari cantităţi de gaze în oţel, care nu mai are timp ca la solidificare să iasă din soluţii. Cînd cantitatea de dezoxidant e mai mică decît cea necesară pentru completa calmare, se obţin oţeluri semicalmate, iar cînd nu se adaugă deloc dezoxidanţi, avem oţelul necalmat.

In funcţie de calitatea dezoxidării, turnarea oţelului se face în diverse moduri şi anume:

- oţelul calmat se toarnă în lingotiere invers conice, cu maselote pentru retasură;
- oţelul necalmat sau semicalmat se toarnă în lingotiere direct conice şi întrucît în acest caz nu se pot forma retasuri periculoase închise, nu se mai prevăd nici maselote.

Pentru a micşora pierderile de metal prin ştutajul maselotei, în ultima vreme se aplică în turnătoriile de oţel, metode perfecţionate de turnare, dintre care amintim:

- Metoda scuturării sau vibrării lingotierei; în timpul procesului de solidificare, acţiunea de agitare mecanică uniformizează frontul solidificării retasura rezultînd mai mică şi concentrată la partea superioară. Se aplică pentru turnarea lingourilor mici din oţel calmat.
- Metoda termică sau electrotermică de menţinere un timp cît mai îndelungat a stării lichide a metalului din maselotă; conduce la viteze de răcire mici la partea superioară, părţile inferioare avînd astfel posibilitatea să-şi completeze golul de contracţie cu metal lichid; de asemeni, menţinerea stării lichide un timp îndelungat la partea superioară, duce la o uşoară eliminare a gazelor şi la ridicarea din baie a incluziunilor.

Metoda se aplică în general la turnarea de lingouri mari, cînd se întreţine un arc electric cu poziţie reglabilă a electrodului, ca pe figura 6.39.

Realizarea efectului mai sus arătat se mai poate asigura şi cu ajutorul unor maselote speciale, confecţionate din amesteccuri exoterme, care la contactul cu metalul lichid, cedează cantitatea de căldură necesară pentru menţinerea stării lichide a metalului maselotei.

- O metodă şi mai eficace de ameliorare a efectului de retasură este practicarea în ultimul timp a metodei turnării continui a lingourilor (fig.6.40). Pe lîngă eliminarea retasurii ca defect, metoda turnării continui elimină şi pierderile de metal pentru maselotele suplimentare, cum se întîlnesc în celelalte procedee de turnare a lingourilor.

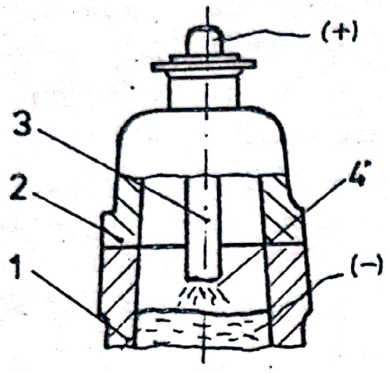


Fig.6.39. Procedeul electrotermic de menţinere a stării lichide a metalului.
1-lingotiera; 2-montura electrodului; 3-electrodul; 4-arcul electric

Turnarea se execută în cristalizorul (1) răcit cu apă. La contactul oţelului lichid cu cristalizorul şi fundul mobil, se formează primii centri de cristalizare şi solidificarea este accelerată de cristalizor, formîndu-se capătul de lingou solid. Odată format acest capăt, fundul mobil este antrenat în jos, realizîndu-se totodată şi coborîrea lingoului. Prin acest mecanism se pot obţine lingouri de orice lungime. Procesul trebuie astfel reglat, încît viteza de tragere a lingoului din cristalizor să fie bine corelată cu viteza de umplere cu metal lichid, păstrîndu-se tot timpul nivelul constant în cristalizor. Prin turnare continuă, în afară de lungime mare, lingoul capătă şi o structură uniformă şi densă, fără retasură, micşorarea prin contracţie a volumului lingoului fiind compensată de oţelul lichid de la partea superioară. La lungime, lingoul format se poate tăia mecanic sau cu flacără, dispozitivele moderne de tăiere fiind cu plasmă sau laser.

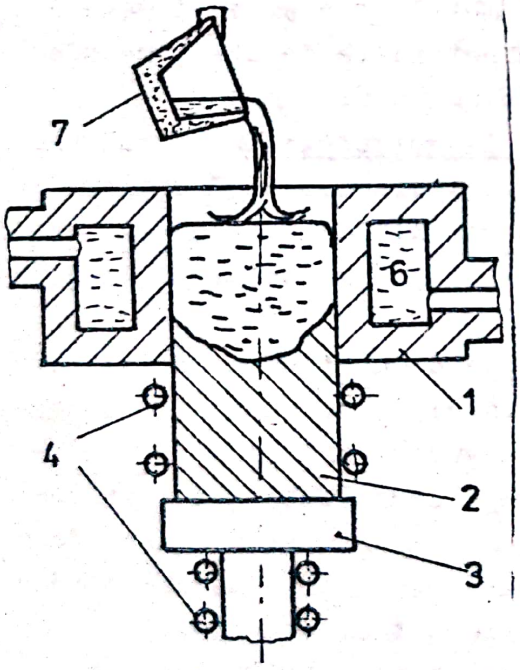


Fig.6.40. Schema instalaţiei de turnare continuă.
1-cristalizor; 2-lingou solidificat; 3-fund mobil; 4-role de antrenare; 5-baie de oţel; 6-apă de răcire; 7-oala cu oţel lichid

d - Structura lingourilor de oţel

Condiţiile diferite de solidificare a oţelurilor în lingotiere duc la obţinerea de lingouri cu structură neuniformă, atît în sensul secţiunii longitudinale, cît şi în sensul secţiunii transversale, figura 6.41.

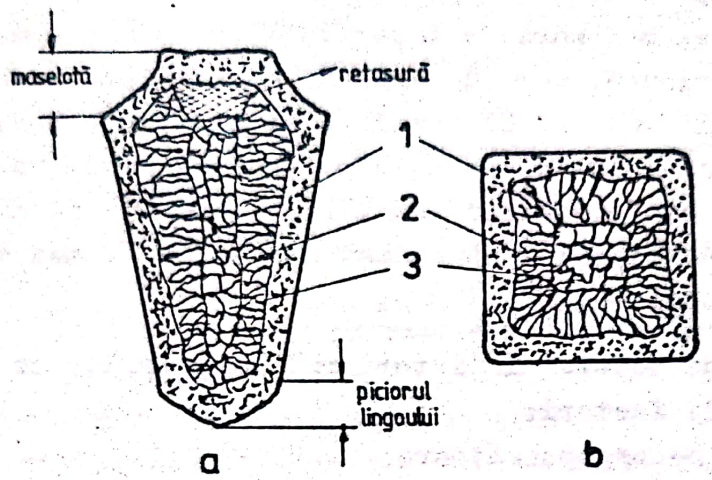


Fig.6.41. Zonele de structură ale unui lingou.
a-în secţiune longitudinală;
b-în secţiune transversală

Datorită diferenţei de temperatură dintre oţelul lichid (1500°C) şi lingotieră (cca 200°C), în procesul de răcire lingoul capătă o structură variabilă, neuniformă, cu următoarele trei zone principale:

- zona exterioară cu structură fină, grăunţi globulari fini, (crusta), (1);
- zona cristalelor columnare sau de transcristalizare, (2);
- zona centrală sau a cristalelor echiaxiale grosolane, (3).

Formarea diferenţială a unei structuri neuniforme se explică prin următorul mecanism: în primul moment al umplerii lingotierei, oţelul ia contact cu fundul şi pereţii reci ai formei, se răceşte brusc, favorizîndu-se astfel formarea unui număr mare de nuclee sau centre de cristalizare, ceea ce duce la formarea rapidă pe suprafaţa lingoului, a unei cruste cu grăunţi cristalini mici, echiaxiali, neorientaţi. In momentul următor, crusta contractîndu-se, între lingotieră şi suprafaţa lingoului pătrunde aer care micşorează mult viteza de răcire şi prin urmare cristalele noi cresc mai mari şi orientate în direcţia gradientului de temperatură, adică perpendicular pe peretele lingotierei, obţinîndu-se cea de a doua zonă caracteristică a lingoului, zona cris-

talelor columnare. Pe măsura creşterii zonei columnare, izolarea faţă de lingotiera rece creşte mult, încît în zona centrală, grăunţii formaţi au timp să crească datorită vitezei mici de răcire şi se formează astfel din nou o zonă cu grăunţi echiaxiali,neorientaţi, dar mai mari ca în cruşta exterioară.

Partea superioară a lingoului unde se localizează retasura şi cantitatea cea mai mare de impurităţi, se numeşte maselotă, iar partea inferioară, care de asemeni conţine impurităţi, se numeşte piciorul lingoului. Si maselota şi piciorul, înainte de laminare, se şutează, folosindu-se numai partea sănătoasă din lingou (65 - 75 %) din greutatea totală. In general, cu cît lingoul e mai mare, cu atît partea sănătoasă din lingou e mai mare.

e - Defectele lingourilor de oţel

Formarea defectelor în interiorul lingourilor de oţel are la bază următorii factori:

- elaborare necorespunzătoare;
- nerespectarea condiţiilor de turnare;
- proprietăţile fizico-chimice ale oţelului.

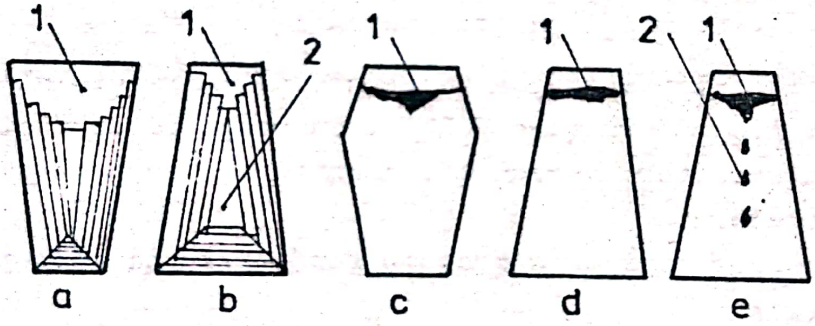


Fig.6.42. Schema mecanismelor şi tipurilor retasurii. a - schema formării retasurii principale în lingoul invers; b - schema formării retasurii principale şi secundare în lingoul normal; c - lingou invers turnat prin sifon; d - lingou normal turnat de sus, încet sau rece; e - lingoul normal turnat de sus repede sau fierbinte; 1 - retarusă principală; 2 - retasură secundară

Unele defecte sînt vizibile cu ochiul liber, altele sînt vizibile la microscop, iar altele ascunse; cele din ultima categorie se pot pune în evidenţă şi prin metodele defectoscopiei. Dintre defectele principale amintim: retasurile, suflurile, segregaţiile, incluziunile, defectele de suprafaţă.

- Retasură - este un gol, de regulă în capul lingoului, cauzat de contracţia din timpul procesului de solidificare (contracţia volumică), de procesele fizico-chimice de trecere a stării

lichide în stare solidă, ca şi de viteza de răcire pînă la temperatura ordinară. In general, retasura se formează imediat sub crustă, la partea de sus a lingoului, uneori fiind deschisă,dar poate să ia naştere şi o retasură secundară, pe axa lingoului, fiind cu atît mai periculoasă, cu cît ea nu se poate depista uşor şi nici nu se poate şuta. Diversele tipuri de retasuri se văd pe schiţele din figura 6.42. Lingă retasurile principale se localizează tot felul de incluziuni de zgură şi gaze.

In ce priveşte retasura secundară, ea se formează ca urmare a unei turnări rapide, prea fierbinţi, aceasta conţinînd în general gaze neevacuate din cauza punţilor de solidificare formate pe axa lingoului; lanţul de retasuri secundare axiale sau de micforetasuri se mai numesc şi porozităţi axiale.

- Suflurile - reprezintă microgoluri în masa lingoului cauzate de următorii factori: - gaze absorbite de oţel în timpul elaborării; - vapori de apă din atmosferă; - insuficienta degazare a oţelului înainte de turnare; - utilizarea la elaborare de materiale ruginite, umede etc. Mecanismul formării suflurilor are la bază împiedicarea în procesul de solidificare a evacuării gazelor din masa metalului, prin formarea rapidă a unei cruste solide exterioare. Pe de altă parte, odată cu răcirea, solubilitatea unor gaze în metal scade şi surplusul iese din soluţie,dar nu poate ieşi în atmosferă, fiind oprit de zona solidă deja formată şi atunci acsste gaze se unesc în molecule şi se aglomerează în bule ce rămîn în masa lingoului. Ca amplasare, suflurile pot fi: interioare sau superficiale. Suflurile interioare de regulă nu au pereţii oxidaţi şi defectul dispare prin sudare la laminare. În ce priveşte însă suflurile superificiale, de sub coaja lingoului, acestea sînt cu pereţi oxidaţi, nu se mai sudează prin forjare, motiv pentru care înainte de laminare lingourile se cojesc prin strunjire de degroşare sau cu flacără.

- Segregaţia - este neomogenitatea lingoului din punct de vedere chimic. Cauza segregaţiei este răcirea lentă, cînd din soluţia lichidă a aliajului care se toarnă, este timp pentru ieşirea gazelor sau elementelor componente, cărora le scade procentul de solubilitate cu descreşterea temperaturii. Procesul de licuaţie este un fenomen care duce la formarea de segregaţii.In lingou, zona cu solidificare mai tîrzie va fi mai bogată în carbon, sulf şi fosfor decît zonele răcite mai rapid întrucît frontul solidificării împinge impurităţile în lichidul din centrul şi capul lingoului, zone de altfel unde se constată practic pre-

zenţa segregaţiilor.

- Incluziunile - sînt materialele străine nemetalice, incluse în masa lingoului. Cauzele incluziunilor pot fi: particule de zgură de la elaborare, de materiale refractare desprinse de oţel din căptuşeala cuptorului sau oalei de turnare etc. Incluziunile nu se pot elimina prin forjare, laminare; cele plastice se pot alungi, iar cele fragile se sfărîmă, accentuîndu-se aspectul de textură, structură fibroasă a metalului deformat. Incluziunile întărutăţesc proprietăţile mecanice ale oţelului imprimîndu-i totodată şi un pronunţat caracter de anizotropie, longitudinal şi perpendicular pe fibre.

- Picăturile reci - sînt globule sau stropi de oţel solidificat, care nu au fuzionat cu masa de oţel topit; sînt cu suprafaţă dură, oxidată, periculoasă atît pentru procesul deformării plastice a metalului, cît mai ales pentru sculele aşchietoare. Cauza formării lor sînt stropii despinşi din vîna de oţel la turnare, din şocul sau lovirea jetului de fundul lingotierei la turnarea directă etc., stropi care se răcesc înainte de a cădea din nou în lingou şi care la descrierea traiectoriei prin aer se oxidează la exterior.

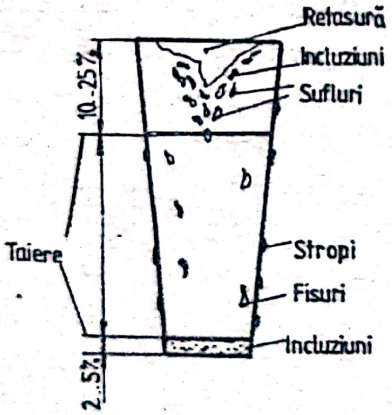


Fig.6.43. Defecte în lingou

- Crăpăturile - sînt cauzate de tensiunile care iau naştere în metal la variaţiile de temperatură şi depăşesc rezistenţa proprie la rupere a metalului în condiţiile respective. Ele se produc atît la rece,cît mai ales la cald. Crăpăturile superficiale se numesc cricuri, iar cele pătrunse (care uneori nu ajung la suprafaţă), se numesc tapuri. Cricurile apar pe feţe iar tapurile de obicei la muchii şi colţuri. Primele se pot îndepărta prin cojire, pe cînd tapurile nu pot fi înlăturate. Ameliorarea acestor defecte se face fabricînd lingouri cu feţe concave şi muchii rotunjite.

- Fulgii - sînt nişte fisuri filiforme, cu pereţi rugoşi,argintii, orientaţi longitudinal în lingou. Cauza acestor fisuri o constituie scăderea solubilităţii hidrogenului în oţel, cu scăderea temperaturii. Atomii de hidrogen care ies din soluţie difuzează în defectele de reţea şi se stabilizează formînd mole-

cule, care prin aglomerare duc la crearea de suprapresiuni, capabile să amorseze microfisurarea şi formarea deci a defectului de fulg. Aspectul diverselor defecte se dă în figura 6.43.

6.2.11. Metode de tratare a oţelului pentru îmbunătăţirea calităţii

a - Tratarea oţelului în vid.

Pentru scăderea conţinutului de hidrogen, azot şi oxigen, cea mai eficace metodă de tratare a oţelului este metoda elaborării şi tratării în vid. Conţinutul de oxigen în oţel scade prin reacţia cunoscută între carbon şi oxid feros favorizată de tratarea în vid, adică de micşorarea presiunii exterioare. Tratarea în vid cunoaşte o serie de variante relativ noi printre care se descriu următoarele:

- Tratarea prin transvazare. O asemenea instalaţie se dă în figura 6.44, care constă dintr-un recipient (1) de tablă de oţel căptuşit cu material refractar, avînd în interior oala (2) de turnare sau o lingotieră în care se va turna oţelul tratat (3). In recipientul (1) se face vid prin orificiul (4) iar (6 şi 7) sînt orificii, pentru vizitare, observare şi pentru turnarea oţelului din oala (5) în oala (2), orificiul (7) închis cu o placă de aluminiu. Tratarea prin transvazare constă în realizarea vidului în recipientul (1), aducerea oalei (5) cu oţel de la cuptor şi descărcarea acestuia prin orificiul (7), cînd la contactul cu oţelul topit placa de aluminiu se topeşte şi oţelul curge în oala (2). Trecerea oţelului prin vid şi împrăştierea lui este însoţită de o degazare. Metoda prezintă o serie de manevre care reclamă o temperatură mai ridicată a oţelului elaborat în cuptor ceea ce conduce şi la un conţinut mai ridicat de gaze în oţel.

- Tratarea directă în oală, la evacuare. Pentru a scurta perioada de tratare se utilizează metoda tratării oţelului chiar în oala de evacuare (fig.6.45). Oala de turnare folosită la evacuarea oţelului din cuptor are deasupra un capac (2) prevăzut cu un orificiu pentru realizarea vidului (3). De asemenea, deasupra oalei se găseşte pîlnia intermediară (4). Oţelul din cuptor curge în pîlnia (4), apoi în oala (1), unde în prealabil s-a realizat vid.

- Tratarea oţelului prin recirculare în vid. In Germania s-a conceput o instalaţie cu ajutorul căreia în 2-3 minute se

poate realiza o recirculare a oţelului şi în acelaşi timp o degazare şi omogenizare. Procesul se termină după 3-4 recirculări. In figura 6.46 se dă schema instalaţiei care constă într-un recipient de tablă căptuşit cu şamotă şi prevăzut la partea superioară cu orificiile (2) în legătură cu pompele de vid iar la partea inferioară cu două prelungiri tubulare (3).

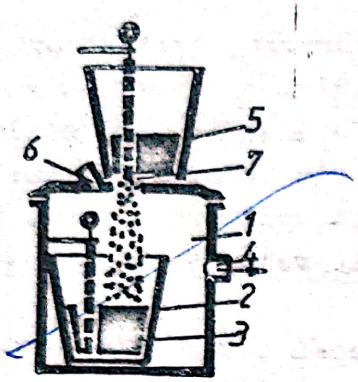


Fig.6.44. Instalaţie pentru tratarea prin transvazare. 1-recipient; 2-oală de turnare; 3-oţel degazat; 4-orificiu pentru realizarea vidului; 5-oală de turnare; 6-orificiul de observare; 7-orificiu de golire

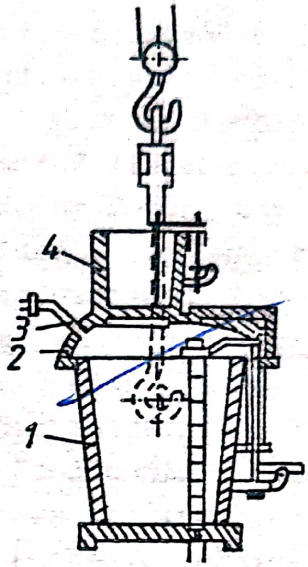


Fig.6.45. Instalaţie pentru tratarea oţelului în vid direct în oală.
1-oală de turnare; 2-capac; 3-orificiu pentru vid; 4-pîlnie

Pentru tratarea oţelului din oala de turnare se introduc prelungirile (3) în oală, iar oţelul este antrenat datorită vidului în recipient. Se introduce argon în prelungirea din stînga, care antrenează oţelul formînd un circuit ca în fig.6.46. Faptul că oţelul degazeificat este mai greu face ca el să treacă la partea inferioară a oalei, cel nedegazeificat se ridică în sus şi apoi în prelungirea din stînga. In felul acesta se asigură recircularea în vid a întregii cantităţi de oţel. La acest procedeu pentru a înlocui căldura pierdută în timpul recirculării trebuie ca recipientul să fie încălzit la cca 1200 K iar oala la 800 - 900 K.

- Tratarea oţelului prin retopire în vid. Metoda asigură un oţel cu un conţinut mai mic de gaze, mai omogen chimic şi structural şi cu mai puţine incluziuni. Retopirea lingourilor de oţel în vid se face cu instalaţia din figura 6.47, care constă dintr-o lingotieră de cupru (6) răcită cu apă prin pereţi dubli. In interiorul lingotierei se află lingoul (3) sub formă de elec-

trod. Lingoul este prins într-un dispozitiv (4) care-i dă posibilitatea să coboare. Pe fundul lingotierei se află o placă din oţel moale (5). Vidul din recipient se realizează cu ajutorul pompelor. Dispozitivul (2) şi lingotiera (1) sînt legate la o sursă de curent. După prinderea lingoului în dispozitivul (2) se videază recipientul şi se conectează sursa de curent. Datorită căldurii dezvoltată de arcul electric oţelul se topeşte, se transformă în picături care traversează vidul şi se solidifică în lingotieră. Oţelul astfel obţinut este mult mai pur ne mai venind în contact cu materialele refractare.

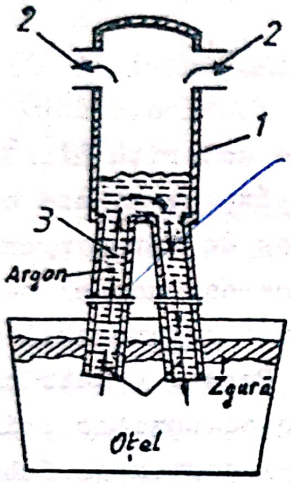


Fig.6.46. Instalaţie pentruntratarea oţelului în vid prin recirculare.
1-recipient; 2-orificii pentru vid; 3-prelungiri tubulare; 4-piese din materiale speciale

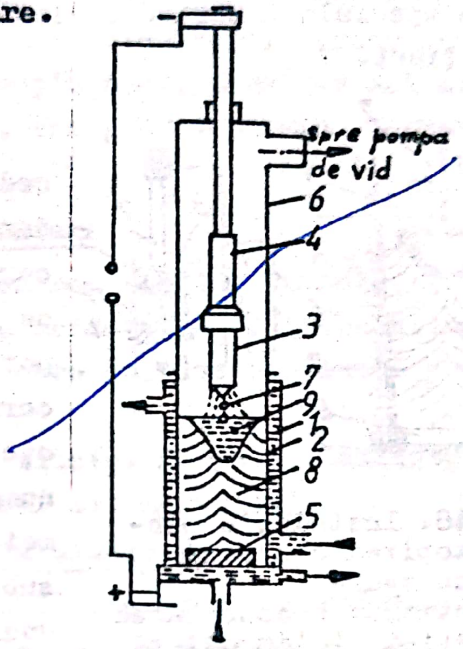


Fig.6.47. Instalaţie pentru retopirea oţelului în vid.
1-lingotieră de cupru; 2-apă; 3-lingou electrod consumabil; 4-dispozitiv de prindere a lingoului; 5-placă oţel moale; 6-corpul cuptorului; 7-picături de metal; 8-lingou curat; 9-baie de metal topit

b. Alte metode de tratare a oţelurilor

Retopirea oţelului sub zgură, este metoda prin care se obţine un oţel de calitate omogen, cu mai puţine impurităţi, cu o desulfurare şi o dezoxidare suplimentară, ceea ce se realizează prin retopirea oţelului sub zgură folosindu-se o instalaţie a cărei schemă se dă în figura 6.48. Lingotiera de cupru (1) are pereţii dubli răciţi cu apă, în partea ei superioară găsindu-se un electrod (2) care este lingoul ce trebuie retopit. Dezoxidarea şi desulfurarea se asigură cu ajutorul unei zguri sintetice aşezată pe fundul lingotierei. Sursa de curent se leagă la lin-

gotieră şi,electrodul care se coboară în zgura (3). La închiderea circuitului zgura se încălzeşte iar electrodul se topeşte şi curge sub formă de picături (4) prin zgură, cee a ce asigură o suprafaţă mare de contact oţel topit (5)-zgură provocîndu-se astfel o bună desulfurare şi dezoxidare prin difuziune. Picăturile dezoxidate în contact cu pereţii reci ai lingotierei se solidifică rapid obţinîndu-se omstructură de oţel omogenă şi compactă. Totodată menţinerea mult timp la temperatură a oţelului conduce la decantarea impurităţilor. Metoda se aplică numai pentru oţelurile speciale datorită costului ridicat al energiei şi oţelului obţinut.

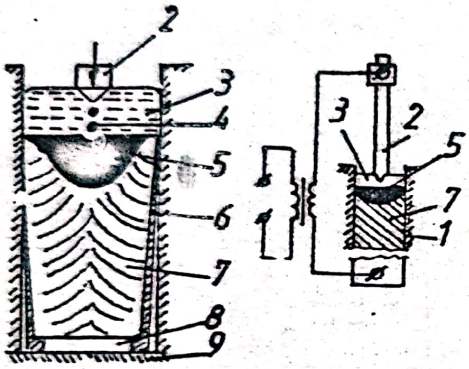


Fig.6.48. Instalaţie pentru retopirea oţelului sub zgură.
a-lingotieră; b-conectarea instalaţiei; 1-lingotieră de cupru; 2-electrod; 3-baia de zgură; 4-picături din metalul electrodului; 5-oţel topit; 6-strat de zgură solidificată; 7-lingou; 8-agent de solidificare; 9-pod de turnare

Obţinerea oţelului de creuzet

Oţelurile fabricate după procedeele studiate datorită afinării dusă pînă la capăt, se aliază cu carbon prin adaos de feromangan,ceeace prin introducerea unor elemente pot să se modifice nefavorabil unele caracteristici. Pentru a fabrica un oţel omogen cu o compoziţie chimică numai din fier şi carbon se fabrică mai întîi un oţel curat (de pudlaj) sub forma unor bare care se supun unui tratament termochimic de cementare. Barele se împachetează în cutii în straturi alternative de plăci de fier (max 2 cm grosime) şi materiale carburante. Cutiile astfel pregătite se ţin la temperatura de 1270 K, 15-20 de zile, funcţie de gradul de carburare dorit. Răcirea se face 5-6 zile. Pentru a uniformiza carbonul în masa metalului, barele cementate se retopesc în creuzete ermetic închise, ceea ce conduce la omogenizarea chimică a oţelului obţinut.

6.2.12. Criterii de clasificare a oţelurilor

Ţinînd seama de domeniul foarte vast al siderurgiei oţelurilor, clasificarea acestora se face după mai multe criterii dintre care mai importante amintim:

a - După procedeul de elaborare

- oţeluri de pudlaj (obţinute în stare păstoasă sub formă de lupe);

- oţeluri de fuziune (obţinute în stare lichidă), purtînd denumirea cuptorului în care s-a elaborat: oţel de convertizor (acid, bazic); oţel Martin (acid, bazic); oţel electric (acid, bazic).

b - După compoziţia chimică

- oţeluri carbon (oţeluri ce nu conţin elemente de aliere, conţin însă impurităţi rămase de la elaborare, dintre care cele inerente sînt: Mn, Si, S, P etc;

- oţeluri aliate (oţeluri ce conţin pe lîngă carbon şi alte elemente adăugate intenţionat în timpul elaborării, pentru a le da anumite proprietăţi. După cum conţin unul, două sau mai multe elemente de aliere afară de carbon, ele pot fi binare, ternare sau complexe.

c - După domeniul de întrebuinţare

- oţeluri de construcţii (carbon sau aliate, turnate, forjate, laminate, sub orice formă şi în orice stare întrebuinţate pentru construcţii de orice fel şi care nu sînt destinate prelucrării unui alt material);

- oţeluri de scule (carbon sau aliate, forjate, laminate sau turnate, folosite la prelucrarea unui alt matsrial).

d - După calitatea obţinută la elaborare

- oţeluri obişnuite (de uz general), carbon sau aliate;

- oţeluri de calitate şi superioare, carbon sau aliate, care prin elaborare îngrijită şi prin realizarea riguroasă a compoziţiei, prezintă proprietăţi deosebite.

Simbolizarea oţelurilor se face în R.S.R. prin STAS-uri de mărci şi calitate, problemă dezbătută la disciplina de studiul metalelor.

CAP.7. METALURGIA METALELOR NEFEROASE

Prin metale neferoase vom înţelege toate metalele şi aliajele cunoscute în tehnică, în afară de fier şi aliajele sale, fonta şi oţelul.

Pentru a înţelege importanţa metalelor neferoase în economia naţională, este deajuns să citãm cîteva din ramurile ei mai importante, în care consumul de metale şi aliaje neferoase sub formă de semifabricate (table, benzi, bare, ţevi, profile) sau piese finite (turnate, forjate, uzinate) ocupă o mare pondere

cum sînt ramurile industriei electrotehnice şi electronice, industriei chimice, construcţiei de maşini, autovehicole, tractoare, avioane, industriei alimentare şi de armament.

După ordinea descrescîndă a utilizării metalelor neferoase în tehnică, cele mai uzuale se înscriu astfel:

Cu, Al, Mg, Ni, Cr, Zn, Sn, Pb.

Celelalte metale neferoase au o utilizare mai redusă deoarece, fie că sînt prea scumpe (aurul, argint, platina), ori nu prezintă proprietăţi care să le facă să stea la baza unor aliaje: Cd, Be, Mn, Li, Na, K, Ti, Ca etc., în general aceste metale fiind şi mai puţin răspîndite în natură.

Clasificarea metalelor neferoase se poate face după mai multe criterii:

- După greutatea specifică: metale uşoare (Al,Mg,Be,Li,Na, K,Ca,Ti etc. cu greutatea specifică sub 5 daN/dm^3); metale grele (Pb, Cu, Zn, Ni, Sn, Cr, Mn etc., cu greutatea specifică mai mare de 5 daN/dm^3).

- O clasificare după natura intimă a proprietăţilor se prezintă astfel: - metale uşoare (Li,Na,K,Ce,Be,Mg,Ca,Si,Ba,Al); - metale greu fuzibile (Ti,Zr,V,Nb,Hf,Ta,Cr,Mo,Mn,Te,Re,Sc,Y, La,lantanidele); metale nobile (Ru,Os,Co,Rh,Ir,Ni,Pd,Pt); -metale foarte conductibile (Cu,Au,Ag); - metale uşor fuzibile (Zn, Cd,Hg,Ga,Ir,Tl,Ge, Sn,Pb,As,Sb,Bi); - metale radioactive (Pa, Fr,Ra,Ac şi actinidele).

In comparaţie cu uriaşul metalurgiei - fierul şi aliajele sale - (94 % din metalurgia mondială), metalele neferoase au o arie mult mai mică de răspîndire, multe dintre ele fiind considerate deficitare, căutîndu-se în ultima vreme direcţii de înlocuire a lor. Investigaţiile au condus la înlocuirea aliajelor neferoase deficitare, rare, cu aliaje feroase îmbunătăţite sau cu materiale nemetalice perfecţionate din punct de vedere al caracteristicilor, cum sînt materialele stratificate şi masele plastice.

7.1. Metalurgia cuprului

Cuprul sau arama este cel mai important dintre metalele neferoase datorită atît proprietăţilor sale cît şi aliajelor sale, după fier fiind cel mai răspîndit metal industrial.

7.1.1. Minereuri de cupru şi prepararea lor

In natură cuprul se găseşte sub formă de combinaţii ca:

oxizi, carbonaţi bazici, sulfuri etc. şi mai rar în stare nativă.

Minereurile exploatabile sînt: calcozina (Cu_2S conţinînd 80 % cupru); covelina (CuS cu cca 67 % cupru); calcoperita ($CuFeS_2$) cu cca 35 % cupru; cupritul (Cu_2O) şi carbonaţi: malachitul ($CuCO_3.CuOH)_2$) cu 58 % cupru, azuritul ($2CuCO_3,Cu(OH)_2$) cu 55 % cupru. In minereurile naturale aceste minerale se găsesc în proporţie scăzută nedepăşind 1-2 %, la ora actuală fiind exploatabile şi minereuri cu 0,5-0,6 % cupru.

In peste 80 % din producţia mondială, cuprul se extrage din minereuri sulfuroase, zăcăminte importante găsindu-se în URSS, S.U.A., Anglia, Chile, Canada, Jugoslavia etc. La noi în ţară se găsesc minereuri sub formă de sulfuri complexe la Baia Mare, Zlatna, Băiţa, Altîn Tepe şi în Banat. In vederea extragerii cuprului minereul trebuie în prealabil îmbogăţit prin preparare mecanică, separat de steril şi prin preparare chimică, pentru îmbogăţire în cupru. Minereurile sulfuroase de cupru se sfarmă, se macină şi se îmbogăţesc prin flotaţie. Concentratul obţinut cu cel puţin 15 - 30 %cupru este supus în continuare operaţiei de prăjire, aceasta se face în cuptoare cu vetre multiple încălzite de regulă cu căldura rezultată din arderea sulfului (800 - 850°C). In figura 7.1 se dă schema unui cuptor cu vetre multiple. Materialul cade treptat de pe o vatră pe alta iar gazele sulfuroase sînt captate la partea superioară şi folosite la fabricarea acidului sulfuric. Concentratul obţinut poate fi aglomerat în instalaţii de aglomerare după metoda cunoscută.

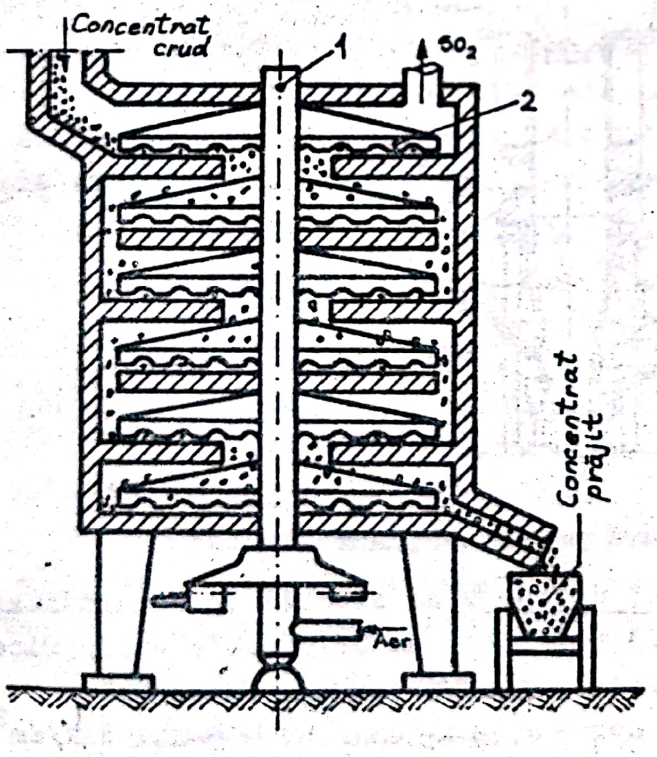


Fig.7.1. Cuptor de prăjire cu vetre multiple
1-ax tubular de antrenare; 2-greblă de amestecare şi antrenare minereu

7.1.2. Elaborarea cuprului

Extragerea cuprului din concentrate se realizează prin două metode:

- pirometalurgice pentru minereurile bogate şi
- hidrometalurgice pentru minereurile sărace.

Pirometalurgia cuprului

Pirometalurgia cuprului constă dintr-o operaţie de transformare a minereurilor de cupru în aşa numita mată care este un amestec topit de sulfuri de cupru şi fier, conţinînd 35-40% Cu. Din mată apoi, se extrage cuprul brut prin convertizare şi din care prin rafinare se obţine cuprul pur.

Operaţiile pirometalurgiei cuprului sînt următoarele:

a - topirea pentru obţinerea matei este o topire oxidantă a concentratului de cupruri sulfuroase prăjite parţial realizată în cuptoare verticale cu cuvă sau în cuptoare orizontale cu vatră, împreună cu fondanţi (CaO şi SiO_2) şi combustibil (cocs în cazul cuptorului cu cuvă, gaz metan, păcură sau praf de cărbune pentru cuptorul cu vatră).

Pentru arderea cocsului se suflă aer prin gurile de insuflare. In figura 7.2 se prezintă un cuptor cu cuvă (Water-jacket) pentru obţinerea matei de cupru.

In ultimii ani s-a răspîndit şi metoda topirii în pat fluidizat folosind aer preîncălzit la 500°C, aşa numitul procedeu Outokumpu sau cu aer îmbogăţit cu oxigen, procedeu canadian.

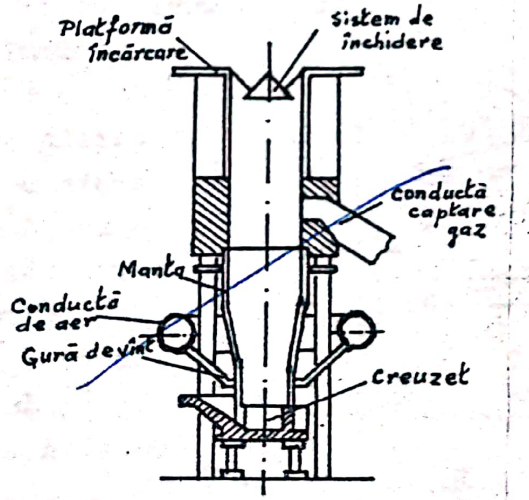


Fig.7.2. Cuptor cu cuvă pentru obţinerea matei

b - convertizarea matei de cupru se execută în covertizoare verticale cu căptuşeală acidă (silică) sau orizontale cilindrice cu căptuşeală bazică (magnezita), pentru extragerea cuprului brut din mată insuflîndu-se aer sub presiunea de 0,8-1,2 daN/cm^2. Cel mai răspîndit este convertizorul cilindric orizontal cu diametrul exterior de 3 - 4 m, cu o lungime de 6 - 9 m şi cu o capacitate de 75 tone. Aerul este insuflat în gurile de vînt aşe-

zate dealungul convertizorului. In figura 7.3 se prezintă schematic un convertizor orizontal.

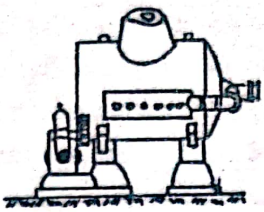


Fig.7.3. Convertizor cilindric orizontal pentru obţinerea cuprului brut din mată

Procesul de convertizare decurge în două faze:

- în prima fază aerul introdus prin gurile de vînd oxidează sulfura de fier care se zgurifică datorită silicei adăugată în convertizor, conform reacţiilor:

$$2\,FeS + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,FeO + 2\,SO_2$$
$$2\,FeO + SiO_2 \longrightarrow Fe_2SiO_4$$

reacţii care decurg cu dagajare mare de căldură.

- în faza a doua, se oxidează parţial sulfura cuproasă rezultînd oxidul cupros, care la rîndul lui reacţionează cu sulfura cuproasă din baie, rezultînd cuprul brut:

$$2\,Cu_2S + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,Cu_2O + 2\,SO_2$$
$$2\,Cu_2O + Cu_2S \longrightarrow 6\,Cu + SO_2$$

Prin convertizare se elimină în gaze sau zgură şi alte impurităţi: Bi, Sb, As.

Zgura de convertizor conţine 1 - 3 % cupru şi sste reintrodusă în circuitul de fabricaţie.

Cuprul brut de convertizor numit şi cuprul negru, conţine numai 93 - 98 % cupru, înnît în continuare cuprul tehnic pur se va putea obţine numai pe calea rafinării.

Rafinarea cuprului brut

Rafinarea cuprului brut se poate face pe două căi:

- Rafinarea termică se aplică cuprului brut care nu conţine metale preţioase. Metoda se bazează pe topire oxidantă în cuptoare cu flacără cu capacitate de pînă la 250 tone, la tempera-

raturi între 1100 - 1200°C. Rafinarea cuprinde două perioade:

- într-o primă perioadă de 10-12 ore, se produce topirea oxidantă a cuprului brut prin suflare de aer la presiunea de 1,5-2,0 daN/cm^2 în baia metalică. Produsele oxidării se volatilizează sau trec în zgură. Oxidul cupros format se dizolvă în fază lichidă zgură şi metal. Intr-o a doua perioadă, după eliminarea zgurii şi acoperirea băii cu mangal, urmează reducerea oxizilor de cupru. In acest scop se introduc în baie bugteni de mesteacăn sau brad verde, cînd lemnul carbonizîndu-se dă naştere la agenţi reducători care agită baia şi reduc oxidul cupros, operaţia numindu-se persaj şi durează 2-3 ore. In prezent persajul se mai realizează şi prin suflare în baie de gaze naturale.

Conţinutul maxim admis de oxid cupros este de 0,9-1,0 %, ceea ce corespunde la 0,08 % oxigen. Menţionăm că oxidul cupros este insolubil în cupru solid şi îi înrăutăţeşte proproetăţile plastice.

Cuprul rafinat termic conţine 99 - 99,5 % cupru şi corespunde elaborării aliajelor de cupru, se livrează sub formă de lingouri sau plăci anodice pentru rafinare ulterioară.

- Rafinarea electrolitică cu anozi solubili se aplică de obicei cuprului rafinat termic, pentru o puritate mai mare de 99,95 %. Pentru electroliză se utilizează cuve de lăţimi 1,2 m, adîncime 1 m şi lungime 2,5 - 5,0 m, ca electrolit folosindu-se soluţia de 1o - 16 % sulfat de cupru în care se mai adaugă 1o - 16 % acid sulfuric. Cuvele se fac din lemn sau beton căptuşite cu plumb 3-4 mm grosime sau mase plastice. In cada de electroliză se introduc plăci anodice din cupru brut, cu grosimi 25 - 5o mm şi greutate 2oo - 25o kg şi plăci anodice din tablă subţire de cupru electrolitic cu grosime o,5 - o,6 mm. Anozii şi catozii alternează aşezaţi paralel, numărul plăcilor catodice fiind cu unul în plus faţă de cele anodice, cum se vede schematic pe figura 7.4. Prin trecerea curentului electric sub tensiune de o,2 - o,4 V şi 7000 - 15000 A, anozii se dizolvă şi sînt transportaţi la catod. Catozii ajung după cîteva zile la grosimi de 8 - 15 mm. Consumul de energie electrică e 250 - 300 kWh/tona de cuprumrafinat. Nămolul de pe fundul cuvei se recuperează.

Cuprul electrolitic din cauza cristalizării grosolane şi incluziunilor de hidrogen şi oxigen are rezistenţă slabă la rupere şi nu poate fi prelucrat prin deformare plastică. Prelucrarea plastică se face numai după retopire şi turnarea catozilor în lingouri de diverse mărimi.

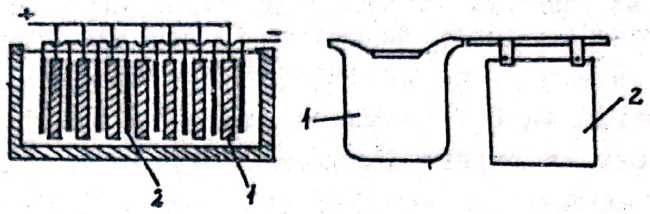


Fig.7.4. Cuvă pentru rafinare electrolitică.
1 - anozi; 2 - catozi

Hidrometalurgia cuprului

In principiu metoda constă în tratarea minereurilor în soluţii apoase care dizolvă cuprul, din care apoi se extrage cuprul fie prin electroliză fie prin precipitare. Astfel, minereurile oxidice, după ce sînt măcinate fin, se dizolvă în soluţii acide sau în soluţii amoniacale. Deobicei cuprul se trece în soluţie sub formă de sulfat:

$$CuO + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + H_2O$$

Din soluţiile de sulfaţi, cuprul se extrage fie prin electroliză cu anozi insolubili (plumb antimonios) cînd soluţiile sînt mai bogate, sau se precipită prin cimentare cînd soluţiile sînt sărace. Ultima metodă lucrează cu ajutorul fierului buretos, strunjiturilor şi deşeurilor de fier vechi introduse în baie, producîndu-se reacţia:

$$CuSO_4 + Fe \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

Cuprul se separă pe fundul vasului sub formă de pulbere (ciment de cupru) cu un conţinut de 50 - 70 %. Acest produs se topeşte împreună cu fondanţii obţinîndu-se cuprul brut care apoi se supune rafinării termice sau electrolitice.

Metoda hidrometalurgică poate fi aplicată şi minereurilor sulfuroase, în care caz se face o prăjire clorurantă urmată de o dizolvare în apă sau o prăjire oxidantă, urmată de dizolvare în acid clorhidric, din soluţiile obţinute de cloruri, se precipită cuprul.

7.1.3. Proprietăţile şi întrebuinţările cuprului

Cuprul este un metal de culoare roşietică mono sau bivalent, are duritatea mică, densitatea 8.92 g/cm^3 şi temperatura de topire 1083°C. După argint, este cel mai utilizat din punct

de vedere al conductibilităţii termice şi electrice. Este un metal maleabil şi ductil, se trage în sîrme subţiri cu diametrul pînă la 0,005 mm şi poate fi deformat plastic atît la cald cît şi la rece. Din punct de vedere al caracteristicilor mecanice, acestea se înscriu după următoarele valori:

- rezistenţa la rupere (daN/mm^2): 15-20 - cupru turnat; 25 - 27 cupru laminat şi recopt; 40 ÷ 50 - cupru ecruisat;
- limita elastică ($\sqrt{}$0,01) - daN/mm^2 - 2,5 - cupru laminat şi recopt; 30 - cupru ecruisat;
- limita de curgere - daN/mm^2 - 7,5 cupru laminat şi recopt; 38 -cupru ecruisat;
- alungirea (%) 18 - cupru turnat; 2 - cupru laminat şi recopt; 1 - 2 - cupru ecruisat;
- duritatea Brinell (HB) 35 - cupru turnat; 40 - 43 - cupru laminat şi recopt, 100 - 125 cupru ecruisat.

Odată cu creşterea temperaturii cuprul pierde rezistenţa, nefiind utilizat la conducte cu fluide supraîncălzite.

Cuprul rezistă bine la coroziune posedînd efectul de coroziune pasivă, acoperindu-se cu o peliculă de oxid cupros aderent iar în aer cu o peliculă de hidrocarburat de cupru de culoare verde denumită patină.

In contact cu acizii organici rezultă săruri solubile otrăvitoare, de unde vasele din cupru se supun cositoririi.

Cuprul are turnabilitate scăzută, dizolvă multe gaze, piesele rezultînd adesea poroase. Oxidul cupros provoacă fragilitatea cuprului datorită fenomenului cunoscut sub numele de boala de hidrogen.

In general, impurităţile micşorează conductibilitatea electrică a cuprului, de unde pentru conductori foloseşte cuprul electrolitic.

In industrie se utilizează sub formă de semifabricate de metal tehnic sau sub formă de aliaje.

Din lingouri turnate se fabrică prin laminare la cald sau la rece: table şi benzi şi de asemenea, prin presare sau laminare, urmată de tragere: bare, ţevi şi, piese presate.

Cuprul se foloseşte la elaborarea aliajelor cu bază de cupru (alame, bronzuri etc). Este utilizat la schimbătoarele de căldură, în industria electrotehnică, în industria chimică şi alimentară, transporturi, termotehnică, galvanoplastie etc.

La noi în ţară, cuprul este standardizat în STAS 643-69, cupru de convertizor, STAS 270-80, cupru rafinat şi STAS 642-79 cupru electrolitic catozi.

De asemenea, principalele semifabricate din cupru sînt standardizate pe tipodimensiuni astfel: STAS 391-77 - bare rotunde de cupru; STAS 392-76 - bare dreptunghiulare de cupru; STAS 393-76 - bare patrate; STAS 394-76 - bare hexagonale; STAS 426-80 - table din cupru; STAS 523-74 - ţevi rotunde trase; STAS 427-80 - benzi de cupru; STA S 4978-76 - bare trapezoidale din cupru pentru colectoare la maşini electrice.

7.2. Metalurgia aluminiului

Aluminiul este cel mai răspîndit metal în natură existînd în proporţie de 8,13 % (după C.Panseri), practic toate argilele conţinînd silicat de aluminiu.

Dintre minereurile importante ale aluminiului deosebim:

- criolita ($AlF_3.3NaF$), care se prepară şi sintetic;
- leucita un feldspatoit vulcanic, care se găseşte în Italia.
- bauxita, o alumină hidratată cu conţinut de fier, siliciu, titan, ca impurităţi.

Minereul de bază în metalurgia aluminiului îl constituie bauxita, care poate fi de trei feluri: bauxita albă (Al_2O_3, 55-74 %); bauxita roşie (bogată în fier, Al_2O_3 40-60 % + Fe_2O_3); bauxita cenuşie (bogată în bioxid de siliciu Al_2O_3 40-60 % + SiO_2). Zăcăminte de bauxită se găsesc în Franţa, Ungaria, Italua, Jugoslavia, URSS, Grecia, Germania, la noi în ţară în munţii Bihorului (Remeţi, Vad, Roşia, Pădurea Craiului, Sohodol, Valea Arieşului şi în munţii Măcinului).

Evoluţia extragerii aluminiului a cunoscut o perioadă lungă de căutări dat fiind că metoda pirometalurgică nu s-a putut aplica ca urmare a afinităţii aluminiului pentru oxigen ca şi a temperaturilor înalte necesare. Nici metodele hidrometalurgice nu dau aluminiul pur ci hidroxid de aluminiu. Abia în 1854, Saing Claire Deville, încercînd electroliza unor săruri topite de aluminiu (clorură dublă de aluminiu şi magneziu), reuşeşte să obţină aluminiul pur, punînd astfel bazele metalurgiei aluminiului.

a- Elaborarea aluminiului

Metalurgia de elaborare a aluminiului comportă două faze:

- o primă fază pur chimică, de obţinere a aluminei (Al_2O_3) prin prelucrarea chimică a minereurilor naturale (bauxita etc);
- o etapă secundă, pur metalurgică, a electrolizei ignee a aluminei dizolvate în criolită topită, în urma căreia operaţii se obţine aluminiu metalic pur.

Prepararea aluminei se realizează prin transformarea bauxitelor roşii după metoda Bayer, sau a bauxitelor silicioase după metoda Iakowkin.

Metoda Bayer se bazează pe variaţia solubilităţii aluminei în leşie sodică. Astfel, bauxitele cu puţin siliciu după concasare, calcinare şi măcinare fină, sînt atacate sub presiunea de 5-7 at. timp de 1-6 ore de o soluţie de hidroxid de sodiu (concentraţie 40 %) în autoclave speciale, la temperatura de 160 - 170°C. In urma acestui atac ia naştere aluminatul de sodiu:

$$\underset{\text{(din minereu)}}{Al_2O_3} + \underset{\text{(soluţie)}}{2\,NaOH} \longrightarrow \underset{\text{(aluminat de sodiu)}}{Na_2O.Al_2O_3} + H_2O$$

In acelaşi timp se obţine şi un mîl roşu bogat în fier, titan, siliciu, care se recuperează.

În continuare aluminatul de sodiu este supus hidrolizei prin diluare, agitare şi răcire în contact cu aerul obţinîndu-se hidroxidul de aluminiu:

$$Na_2O.Al_2O_3 + H_2O \longrightarrow Al(OH)_3 + NaOH$$

După filtrare şi spălare, hidroxidul de aluminiu este supus calcinării la 1200°C, cînd se obţine în final materia primă semifabricat pentru elaborarea aluminiului, alumina (Al_2O_3):

$$2\,Al(OH)_3 \xrightarrow[\text{prin calcinare}]{} Al_2O_3 + 3\,H_2O$$

Eficacitatea metodei Bayer constă în faptul că reuşeşte să scoată din minereu alumina în proporţie de 85 % iar parţial hidratul de sodiu este recuperat.

Metoda A.A.Iakowkin sau aşa numita metodă prin aluminat de calciu, prelucrează în special bauxitele albe. In locul hidratului de sodiu se foloseşte piatra de var ($CaCO_3$) şi carbonatul de sodiu (Na_2CO_3). Bauxita se macină împreună cu carbonaţii şi se calcinează acest amestec în cuptoare rotative la 1100°C, cînd au loc reacţiile:

$$Al_2O_3 + Na_2CO_2 \longrightarrow \underset{\text{aluminat de sodiu}}{Na_2O.Al_2O_3} + CO_2\uparrow$$

$$Fe_2O_3 + Na_2CO_3 \longrightarrow \underset{\text{ferit de sodiu}}{Fe_2O_3.Na_2O} + CO_2\uparrow$$

$$SiO_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow SiO_3Na_2 + CO_2\uparrow$$

$$2SiO_2 + 2CaCO_3 \longrightarrow 2CaO.SiO_2 + CO_2\uparrow$$

Toate produsele obţinute din reacţiile de mai sus, se află sub forma unei mase sinterizate care în continuare se macină şi se tratează cu soluţii alcaline; în urma acestui tratament aluminatul, feritul şi parţial silicatul de sodiu trec în soluţie, restul depunîndu-se în mîlul care se îndepărtează. Pentru a ajunge la alumină pură se procedează la precipitarea din soluţia obţinută a impurităţilor. Mai întîi prin hidroliză se depune feritul:

$$Fe_2O_3 \cdot Na_2O + H_2O \longrightarrow \underline{Fe(OH)_3} + 2Na(OH)$$

Silicatul de sodiu se precipită cu hidrat de calciu:

$$Na_2O \cdot SiO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow \underline{CaO \cdot SiO_2} + 2Na(OH)$$

Din soluţia purificată de aluminat de sodiu se separă alumina cu ajutorul bioxidului de carbon:

$$Al_2O_3 \cdot Na_2O + CO_2 + 3H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3 + Na_2CO_3$$

In final, ca şi la metoda Bayer, hidroxidul de aluminiu obţinut după spălare şi filtrare se calcinează obţinîndu-se alumina:

$$2\ Al(OH)_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 3\ H_2O$$

In continuare, alumina obţinută în prima etapă este supusă fazei metalurgice de prelucrare, pentru obţinerea aluminiului. Acest proces cuprinde următoarele operaţiuni: electroliza ignee a aluminei, afinarea aluminiului brut prin retopire şi rafinarea lui prin electroliză electrotermică.

Electroliza ignee se execută în cuve rectangulare din tablă de oţel căptuşită la interior cu cocs amestecat cu gudron.

Cuva e cu vatră conducătoare catodică (o placă de fontă) iar electrozii sînt din cocs de petrol, carbon pur. Schematic, o secţiune printr-o cuvă de electroliză, se vede pe fig.7.5.

Pentru a forma uşor electrolitul, se coboară punctul de fuziune a aluminei (2050°C) cu ajutorul criolitei sau altor floruri care dizolvă alumina şi se formează un amestec intim în baie.

Topirea este apoi asigurată de efectul termic al trecerii curentului prin baie (5-10 V şi 10000 - 50000 A). Alumina se descompune electrolitic şi aliminiul se depune la catod, respectiv pe fundul cuvei, de unde periodic este evacuat în şarje. Oxigenul care se degajă la anod, arde electrozii de cărbune:

$$2\,C + O_2 \longrightarrow 2\,CO$$
$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

In general, pentru obţinerea unei tone de aluminiu brut, e necesară o cantitate de 2 tone alumină, respectiv 4 tone bauxită, (cu 50 % Al_2O_3), 600 - 700 kg electrozi de cărbune, 80-90 kg

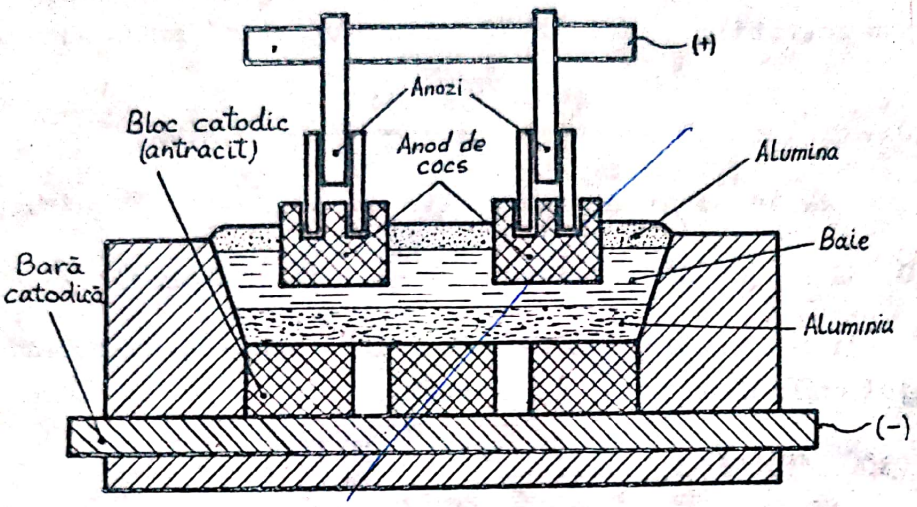


Fig.7.5. Secţiune printr-o cuvă de electroliză

criolită şi 20000 KWh. Aluminiul brut obţinut are o puritate de 99,5 %.

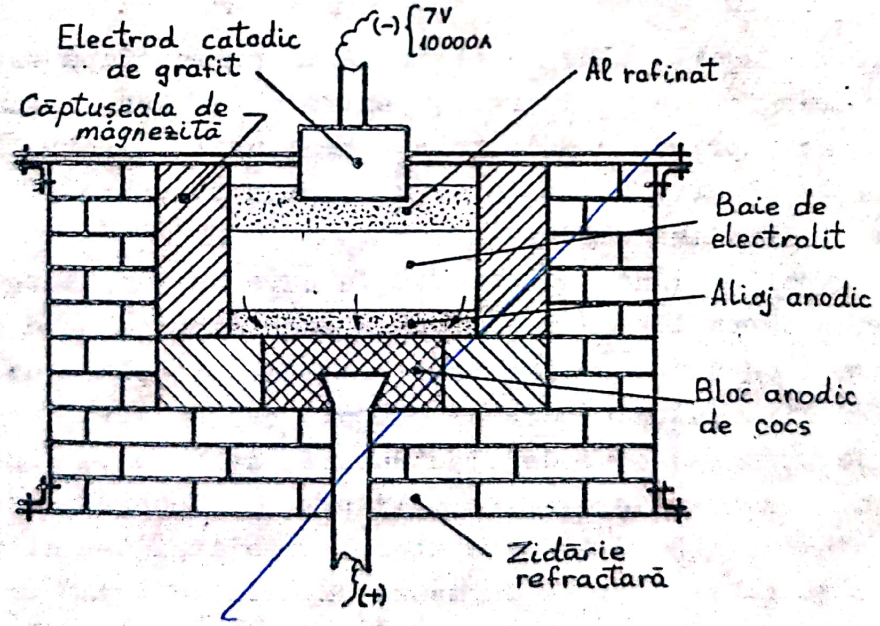


Fig.7.6. Secţiune prin cuva de rafinare electrolitică

O purificare se poate face şi prin simplă retopire, clorurînd topitura, cînd se mai alimină o serie de impurităţi însă excedentul de calitate este neglijabil faţă de rafinarea electrolitică care asigură aluminiu cu o puritate de 99,99 %.

La rafinarea electrolitică aluminiul pur se ridică la suprafaţa băii fiind atras de electrozii catodici din grafit, de unde se colectează şi evacuează. O secţiune printr-o cuvă de rafinare se vede pe figura 7.6.

b Proprietăţile şi întrebuinţările aluminiului

Aluminiul este un metal uşor de culoare alb-albăstruie, cu densitatea 2,7 g/cm^3, se topeşte la 658°C, este bun conducător de electricitate şi căldură. Astfel, în ce priveşte conductibilitatea electrică ea este de 65 % din cea a cuprului. Din punct de vedere chimic aluminiul este un element avid de oxigen, fiind utilizat în metalurgie la dezoxidare şi aluminotermie.

Rezistă la coroziune atmosferică, pasivîndu-se cu o peliculă de aluminiu Al_2O_3. La rece nu este atacat de acidul azotic. Acidul sulfuric atacă puţin iar cel clorhidric intens. Sărurile alcaline dizolvă puternic aluminiul. Aluminiul în contact cu alte metale se poate distruge prin coroziune electrochimică.

Aluminiul pur are slabe proprietăţi mecanice, se foloseşte mai mult sub formă de aliaje în construcţia de maşini. Astfel,rezistenţa la tracţiune daN/mm^2 este de 9 - 12 turnat; 7 - 9 laminat şi recopt, 18 - 25 tras; alungirea (%) 25 - 18 turnat, 35-25 laminat şi recopt, 7 - 3 tras; duritatea Brinell, daN/mm^2, 24-32 turnat, 15 - 24 laminat şi recopt, 30 - 40 tras.

Aluminiul este maleabil, forjabil, laminabil (putîndu-se obţine foiţe pînă la grosimea de 0,06 mm) şi ductil.

In electrotehnică se utilizează la conductpare electrice, cabluri de diferite tipuri, sîrme de bobinaj, armături de condensatoare, piese radio, electronice, carcase, maşini electrice etc. In construcţia de maşini este utilizat în fabricarea mijloacelor de transport - terestre, navale, aeriene, la blocuri motor, chiulase, cartere, biele, pistoane, fuselaje avion, rezervoare, instrumente de bord, caroserii etc.; piese în industria textilă, în industria chimică, în industria metalurgică, se foloseşte la fabricarea oţelurilor, în industria alimentară, în construcţii; în vopsitorii etc.

Tara noastră este producătoare de aluminiu, principalele standarde fiind următoarele: STAS 7607/1-72, 7607/2-79, 7607/3-74 - aluminiu tehnic pur. Clasificare; STAS 3322-78; bare dreptunghiulare de aluminiu; STAS 5681-74 - benzi aluminiu; STAS 2675-68 - semifabricate discuri de aluminiu; STAS 2339-73 - bare rotunde de aluminiu; STAS 6499-74 - sîrme şi bare dreptun-

Scanned with OKEN Scanner

ghiulare, benzi de aluminiu pentru electrotehnică; STAS 428-80 - tablă de aluminiu; STAS 524-80 - ţevi rotunde trase; STAS 8772-73 - sîrme, semifabricate din aluminiu; STAS 8235-80 - conductori de aluminiu; STAS 3033-78 - sîrme rotunde de aluminiu pentru electrotehnică. Condiţii generale.

7.3. Metalurgia magneziului

In scoarţa pămîntului, magneziul se găseşte cam în procent de 2 % avînd în vedere prospecţiunile pînă la 16 km adîncime. Dintre minereurile mai importante amintim: clorura de magneziu ($MgCl_2$), care se găseşte pură în apa de mare; carnalita ($KCl.MgCl_2.6H_2O$) care se găseşte cu un conţinut de 8,8 % Mg; magnezita ($MgCO_3$), cu 28,8 % magneziu şi dolomita, un carbonat dublu de calciu şi magneziu, cu cca 13 % magneziu. La noi în ţară avem dolomită în Bihor, Dobrogea şi în Moldova de Nord.

a - Elaborarea megneziului

Magneziul se elaborează fie prin electroliza ignee a clorurii de magneziu, fie prin topirea reducătoare a oxidului de magneziu.

Electroliza ignee a clorurii de magneziu, este metoda universală şi comportă două faze:

- prepararea clorurii de magneziu anhidre;
- electroliza ignee a clorurii de magneziu.

Clorura de magneziu se obţine prin deshidratarea şi calcinarea minereurilor, în special de bişofită (clorură de magneziu impură din apa de mare) şi respectiv de magnezită, oxizii formaţi la calcinare fiind cloruraţi cu Cl_2 în prezenţa carbonului:

$$MgCO_3 \longrightarrow MgO + CO_2\uparrow$$

$$2MgO + C + 2Cl_2 \longrightarrow 2MgCl_2 + CO_2\uparrow$$

Clorura de magneziu anhidră obţinută e supusă electrolizei în stare topită în amestec cu fondanţi (KCl,$NaCl$,$KCaF_2$,$CaCl_2$). Electroliza se efectuează în cuve ermetic închise pentru a nu se degaja clorul, iar apa din aer să nu hidrolizeze clorura. Anodul se face din grafit, iar catodul este o placă inelară din oţel (fig.7.7). Magneziul fiind mai uşor, se ridică la suprafaţă, de unde este colectat cu ajutorul unor linguri.

Magneziul obţinut prin electroliza ignee este impur, cu conţinut de cloruri, siliciu, aluminiu, oxizi etc. care-i scad rezistenţa la coroziune. Purificarea magneziului brut se poate

face prin retopire cu fondanţi sau prin sublimare, obţinîndu-se în primul caz magneziu cu o puritate de 99,2 %, iar prin sublimare de 99,99 %.

c

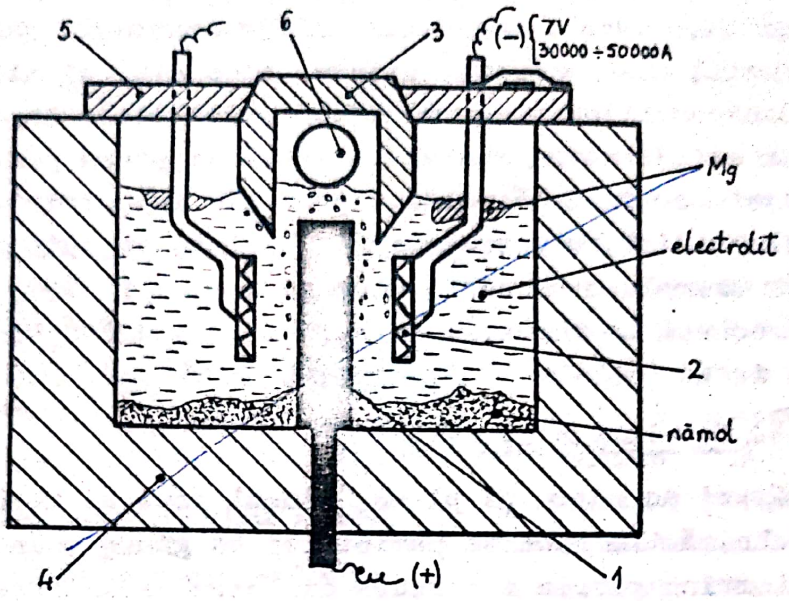


Fig.7.7. Secţiune printr-o cuvă de electroliză a magneziului
1-anod bară de grafit; 2-catod placă inelară de oţel; 3-izolator de porţelan; 4-zidărie refractară; 5-capac etanş; 6-conductă de captare a clorului

In ce priveşte metoda a doua de elaborare, se urmăreşte reducerea directă a oxizilor de magneziu cu ajutorul carbonului dar pentru aceasta temperaturile de lucru sînt mult mai mari (peste 2000°C). Se practică în ultima vreme topirea reducătoare în vid, cînd magneziul se obţine sub formă de vapori care prin condensare procură un magneziu de 99,9 % puritate. Datorită simplităţii metodei şi purităţii magneziului obţinut, metoda pirometalurgică tinde să înlocuiască în viitor metoda electrometalurgică, mai ales dacă avem în vedere că şi productivitatea metodei termice e mult superioară electrometalurgiei magneziului.

b - Proprietăţile şi întrebuinţările magneziului

Alături de aluminiu, magneziul este un metal foarte căutat mai ales pentru construcţii aeronautice şi în special sub formă de aliaje cu aluminiu şi alte metale.

Magneziul este un metal argintiu, uşor oxidabil, se topeşte la 651°C şi fierbe la 1120°C. Incălzit în aer la peste 500°C se autoaprinde şi arde cu o flacără strălucitoare. Are greutatea

specifică de 1,73 daN/dm^3. Plecînd de la această greutate specifică mică, s-a mers pe linia găsirii de aliaje ale magneziului cu proprietăţi superioare, printre care amintim aliajele sale cu aluminiul, zincul, manganul, aliaje cunoscute sub denumirea de electroni, aliaje foarte uşoare. Aluminiul şi zincul dau rezistenţă mecanică iar manganul îi dă stabilitate la coroziune.

Din aliaje de magneziu, în afară de piese pentru industria aeronautică, se fabrică multe repere din industria de maşini textile, tipografică, electrotehnică, optică, de autovehicule etc. Un singur exemplu este edificator şi anume: în 1963 cca 75 % din întregul consum de magneziu al R.F.G. (cca 40000 tone) a revenit fabricii de automobile "Wolkswagen".

7.4. Metalurgia zincului

Alături de cupru şi plumb, zincul este un metal important pentru tehnică. In scoarţa pămîntului se găseşte în proporţie de 2.10^{-2} %. Principalele minereuri din care se extrage sînt: blenda (ZnS), care se găseşte în URSS, Canada, Polonia, Anglia, Germania, S.U.A.; calamina ($Zn_2SiO_4.H_2O$) şi smitsonitul ($ZnCO_3$).

In general, zilncul se extrage din blendă care se găseşte în conglomerat cu galena, pirita şi calcopirita (G.B.C.P). Mai întîi se obţine concentratul crud prin flotaţie, care conţine 70 % ZnS, după care extracţia metalurgică a zincului, după o îmbogăţire chimică prin prăjire oxidantă totală, continuă, fie cu metoda termică sau a distilării, fie cu metoda umedă a electrolizei. Prin prăjire, în cuptoare cu vatră multiplă, blenda trece în oxid de zinc:

$$ZnS + 3\,O \longrightarrow ZnO + SO_2$$

La temperaturi mai joase ia naştere şi sulfatul de zinc:

$$ZnS + 2\,O_2 \longrightarrow ZnSO_4$$

Concentratul de zinc prăjit se supune pe calea metodei pirometalurgice unei reduceri cu ajutorul prafului dea antracit, în retorte speciale de şamotă, unde zincul sublimează şi se colectează în vase speciale de condensare. Reacţiile chimice care se produc în retortă, fig.7.8, sînt:

$$ZnO + C = Zn + CO - 55640 \text{ cal}$$
$$ZnO + CO = Zn + CO_2 - 17760 \text{ cal}$$
$$CO_2 + C = 2CO - 38880 \text{ cal}$$

Scanned with OKEN Scanner

Temperatura de reducere necesară este de 1111 - 1400°C, iar zincul distilă la 930°C şi va fi deci obţinut sub formă de vapori care condensîndu-se trec în zinc metalic pur.

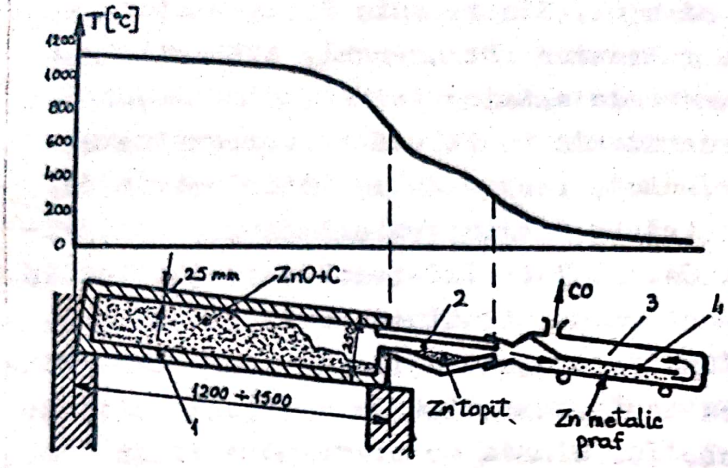


Fig.7.8. Schema constructivă a unei retorte
1-creuzet; 2-condensator; 3-alonje de tablă; 4-şicane

Retortele se montează în serii de cîte 250 - 480 buc în cuptoare prevăzute cu recuperatoare de căldură şi care funcţionează cu gaz metan. Zincul brut sublimat obţinut are o puritate de 98 % care mai conţine Cd,Fe,Pb. Aceste impurităţi se îndepărtează prin rafinare termică (licuaţie), ajungîndu-se cu puritatea zincului la 99,75 %. O purificare şi mai avansată se realizează numai cu ajutorul rafinării electrolitice. Se obţine zinc electro cu 99,94 % zinc. Un zinc extrafin se poate obţine pe calea distilării fracţionate, metodă bazată pe diferenţa punctului de fierbere a impurităţilor faţă de zinc (930°C) cînd zincul obţinut atinge puritatea de 99÷99,3 %.

Metoda electrolitică de extracţie, faţă de cea termică nu operează cu oxidul de zinc, ci cu sulfatul de zinc. Pentru aceasta prăjirea concentratului de flotaţie se face la temperaturi joase şi conform reacţiei, se obţine sulfatul de zinc necesar. Dacă avem oxid de zinc şi acesta se poate transforma în sulfat prin dizolvarea concentratului prăjit în acid sulfuric:

$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$

In continuare electroliza se execută cu anozi insolubili în cuve de electroliză aşezate în cascadă, anozii fiind din plumb foarte pur, iar catozii din aluminiu pur (tablă). Zincul depus la catod pe foile de aluminiu se desprinde, se retopeşte şi se toarnă în lingouri, puritatea metalului obţinut fiind de 99,95% zinc electro. Faţă de metoda termică, preţul de cost al zincului obţinut este mai scăzut.

b - Proprietăţile şi întrebuinţările zincului

Zincul este un metal uşor fuzibil (se topeşte la 419°C)

fragil la temperatura la ambianţă, nu are o rezistenţţă mecanică bună, în schimbeste foarte util prin marea lui stabilitate, la coroziune (coroziune pasivă), fiind întrebuinţat la acoperiri de protecţie pentru fier şi oţel. Zincul este întrebuinţat în electrotehnică, în pilele galvanice. De asemeni, este utilizat la elaborarea unui număr mare de aliaje. Astfel, zincul intră în alcătuirea aliajelor turnate de Zn-Al pentru carburatoare, filtre de benzină, de aer, ulei, pentru frîne în industria de automobile. De asemeni, intră la fabricarea alamelor, bronzurilor şi aliajelor tipografice. Se întrebuinţează ca reducător în industria chimică. In raport cu multitudinea de întrebuinţări, zincul este al patrulea după fier, calităţile de zinc standardizate fiind: STAS 646-76 cu două clase distilate (D) şi rafinate (R); marcare ZnR_1,...., ZnD_1 ...

7.5. Mgtalurgia staniului

Staniul sau cositorul se găseşte în scoarţa pămîntului în proporţie de 6.10^{-4} %. Zăcăminte importante să găsesc în Bolivia, URSS, Anglia, Indochina, Congo, Nigeria, China etc., la noi în ţară nefiind descoperite minereuri utile de staniu.

a - Elaborarea staniului

Ca minereuri stăniul se extrage din casiterită (StO_2) în amestec cu sulfuri de plumb şi zinc, şi sulfuri complexe.

In vederea extracţiei minereurile sînt preparate mecanic hidrogravitic, după care concentratul îmbogăţit cu pînă la 60 % staniu e trecut la prăjire sulfatizantă (elimină plumb şi cupru prin spălare cu apă), sau clorurantă (elimină fier, stibiu). In continuare concentratul este supus topirii reducătoare în cuptoare cu flacără (cu cuvă) sau în cuptoare electrice, ca reducător fiind folosit antracitul sau mangalul:

$$SnO_2 + C\ (praf) = Sn + CO_2$$
$$CO_2 + C = 2CO$$
$$SnO_2 + 2\ CO = Sn + 2\ CO_2$$

Staniul brut obţinut are o puritate de 94 - 98,5 % iar pentru o purificare mai superioară se rafinează termic (prin licuaţie şi oxidare) sau electrolitic. Prin rafinare electrolitică cu anozi solubili în baie de sulfuri, se obţine staniu cu puritatea de 99,99 %.

b- Proprietăţile şi întrebuinţările staniului

Staniul este un metal relativ moale (12 HB) plastic şi se poate lamina la rece în foiţe foarte subţiri, sub 0,1 mm (staniolul). Staniul rezistă bine la oxidare, nu este atacat de acizii organici, motiv pentru care se foloseşte la cositorirea tablei pentru ambalaje în industria conservelor şi de menaj. Una din caracteristicile fizice importante o constituie faptul că posedă două stări alotropice: staniul beta, cenuşiu şi fragil (praf), stabil la temperaturi joase sub + 18°C şi staniul alfa, alb, compact şi maleabil, peste + 18°C. Temperaturile joase distrug piesele din staniu pur, fenomen cunoscut sub numele de ciuma staniului. In afară de protecţie staniul este mult întrebuinţat în aliaje de mare importanţă pentru construcţia de maşini cum sînt: bronzurile cu staniu, aliajele de lipit, compoziţiile pentru algăre etc.

7.6. Metalurgia plumbului

plumbul este un element în proporţie de 8.10^{-4} % în scoarţa terestră. Se extrage din: galena (PbS) în conglomerat cu blenda sau piritele, conţinînd şi metale preţioase (argint 0,1-1,0 %). Alte minereuri mai sînt: ceruzitul ($PbCO_3$), anglezitul ($PbSO_4$) etc.

a - Elaborarea plumbului - Metalurgia plumbului se bazează în principal pe metode pirometalurgice şi mai puţin hidrometalurgice.

Minereul complex de sulfuri se supune îmbogăţirii gravimetrice sau prin flotaţie, ultima metodă aplicîndu-se diferenţiat pentru separarea şi celorlalte sulfuri.

Concentratul de plumb obţinut prin flotaţie (60-80 % Pb) este îmbogăţit chimic prin prăjire şi aglomerare, după care se trece la extracţia plumbului prin topire reducătoare cu cărbunele în cuptoare cu cuvă de tip Water-Jacket (fig.7.9). In cuptor se încarcă pe lîngă concentratul de plumb îmbogăţit şi aglomerat, cocs şi fondanţi. Cocsul joacă rol de combustibil şi reducător:

$$PbO + C = Pb + CO$$
$$PbO + CO = Pb + CO_2$$
$$CO_2 + C = 2\,CO$$

Fondanţii trec în zgură siliciul din silicaţii de plumb:

$$PbSiO_3 + FeO = PbO + FeSiO_3$$
$$PbSiO_3 + CaO = PbO + CaSiO_3$$

Oxizii de plumb rezultaţi sînt reduşi după reacţiile cu carbonul şi oxidul de carbon şi în antecreuzetul cuptorului se adună în ordinea densităţii începînd de la fund: plumb metalic brut, ţpais (arseniuri diverse), mată (sulfuri) şi zgură (silicat de fier şi calciu). Spaisul şi mata prin convertizare se prelucrează în continuare în cuptoare cu vatră cu obţinere de plumb brut. Plumbul brut conţine 92 - 96 % şi impurităţi; în continuare se supune unor operaţii mecanice şi chimice de afinare, obţinîndu-se plumbul moale (99,5 - 99,9 %), iar uneori se procedează la rafinare electrolitică cu obţinerea plumbului electro cu 99,994 %. Purificarea plumbului se bazează pe operaţii de licuaţie (Cu) şi oxidare. După îndepărtarea cuprului prin licuaţie prin oxidări puternice, se elimină în zgură Sb, As şi Sn şi se îndepărtează. Aurul şi argintul se elimină prin zincaj în final îndepărtîndu-se şi zincul din plumb. Dezargintarea se mai poate realiza şi prin <u>patinsonare</u>, adică o cristalizare fracţionată a aliajului Pb-Ag. In ce priveşte bismutul care micşorează rezistenţa la coroziune a plumbului, acesta se îndepărtează prin rafinare electrolitică cu anozi solubili.

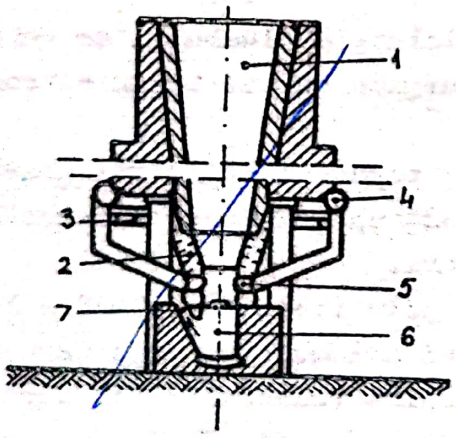


Fig.7.9. Cuptor cu cuvă Water - Jacket
1-cuvă; 2-cheson răcit cu apă; 3-ieşire apă de răcire; 4-conducte de aer; 5-guri de vînt; 6-creuzet; 7-orificiul de scurgere a plumbului topit

Nămolul anodic este supus valorificării conţinînd încă elemente preţioase.

b - <u>Proprietăţile şi întrebuinţările plumbului</u>

Plumbul este un metal moale, plastic, de culoare cenuşiu-albăstruie. E uşor oxidabil, posedînd efectul coroziunii pasive, rezistînd astfel la acţiunea acidului clorhidric, sulfuric la rece şi chiar la 200°C pentru acid sulfuric; e uşor atacat de acidul azotic şi acetic. Prin deformare nu se ecruisează la temperatura ordinară. Se sudează şi se lipeşte bine, topindu-se la 327°C. Vaporii de plumb sînt toxici producînd boala saturnism. Calităţile de plumb sînt standardizate prin STAS 663-76, care indică 7 mărci (Pb I ... Pb 7).

Dintre întrebuinţările mai importante amintim:

- la fabricarea aliajelor uşor fuzibile (ex. 27 % Pb, 50 % Bi, 13 % Sn şi 10 % Cd se topeşte la 70°C);
- la fabricarea aliajelor antifricţiune de tipul Pb-Sn-Sb;
- la diverse instalaţii în industria chimică;
- în industria electrotehnică la protecţia anticorozivă a cablurilor subterane, plăci de acumulator (placa pozitivă din plumb curat, iar cea negativă din bioxid de plumb);
- plumbul absoarbe bine vibraţiile şi protejează organismul de acţiunea razelor X (ex. o foaie de plumb de 1 mm grosime exercită o protecţie echivalentă cu o tablă de oţel cu grosimea de 11,5 mm, peretele de beton de 110 mm, perete de cărămidă de 170 mm). Nefiind transparent la radiaţii, este folosit la ecrane de protecţie în instalaţiile cu raze penetrante;
- plumbul se foloseşte şi ca element de aliere în alame şi bronzuri, aliaje de lipit etc.;
- se foloseşte în industria grafică şi de armament.

7.7 - Metalurgia nichelului

Nichelul este astăzi unul din cele mai căutate metale în fabricarea unui număr variat de aliaje, numărul de aliaje cu nichel depăşind astăzi 3000. Industrial se extrage din minereuri oxidice ca şi din cele sulfuroase pirotine cupronichelifere.

a - Elaborarea nichelului depinde de natura minereului.

Astfel, în cazul minereului oxidic se practică metoda topirii în cuptoare Water-Jacket, împreună cu cocsul şi gipsul, cînd se obţine un produs, den nichel şi fier:

$$CaSO_4 + 2\ C = CaS + 2\ CO_2$$
$$2NiSiO_3 + 3\ CaS = Ni_2S_3 + CaSiO_3$$
$$FeSiO_3 + CaS = FeS + CaSiO_3$$

Mata obţinută (Ni_2S_3nFeS) e convertizată cu suflare de aer în topitură împreună cu SiO_2, cînd se elimină fierul şi se obţine o sulfură de nichel aproape pură:

$$(Ni_2S_3nFeS) + nSiO_2 + nO_2 = Ni_2S_3 + nFeSiO_3 + nSO_2$$

Sulfura de nichel obţinută se sfărîmă, se prăjeşte în cuptoare cu obţinerea oxidului nichelos:

$$Ni_2S_3 + 6\ O_2 = 2\ NiO_3 + 3\ SO_4$$

Produsul obţinut se reduce apoi la metal fără topire. Mai întîi, oxidul nichelos se brichetează sub formă de cuburi, ronde-

le, etc. după care se calcinează în amestec cu cărbune de lemn în cuptoare cu retortă la 1250°C. Nichelul brut obţinut se afinează prin topire oxidantă în aer sau se rafinează electrolitic, folosind metoda cu anozi solubili în soluţie de $NiSO_4$.

In cazul minereurilor sulfuroase bogate în cupru, metoda extracţiei variază după produsul urmărit:

- dacă se aplică topirea totală reducătoare cu cărbune se obţine direct metalul monel (67 % Ni + 30 % Cu + 3 % Fe);
- prin electroliză (metoda Hybinette) se urmăreşte obţinerea nichelului pur.

b - Proprietăţile şi întrebuinţările nichelului

Nichelul se aproprie ca proprietăţi de fier, are punctul de fuziune 1445°C, are stabilitate la coroziune şi este trecut alături de platină, aur şi diamante în industria bijuteriilor.

Cea mai mare cantitate de nichel produsă pe glob se foloseşte ca material de aliere pentru oţeluri inoxidabile şi refractare. Nichelul stă la baza fabricării metalului monel. Are o rezistenţă mecanică superioară şi o rezistentă ridicată la coroziune. Din acest aliaj se fabrică profile, table pentru construcţii navale, reactoare, ţevi în industria chimică, elice de avion, palete, turbină cu aburi, cabluri şi sîrme electrotehnice rezistînd bine la ape dulci, acizi organici etc.

In tehnica modernă nichelul este mult utilizat la fabricarea aliajelor magnetice moi de tipul "Permalloy" cu susceptibilitate magnetică în cîmpuri slabe; aliaje "alnico" folosite pentru magneţi permanenţi; nichelina, aliaj Ni-Cu pentru rezistenţă electrică, pe aceeaşi linie nicromul care suportă temperaturi mari. Aliajele Cr-Ni servesc la fabricarea termocuplelor.

Nichelul alături de crom se foloseşte pentru protecţie anticorozivă (nichelare) şi este utilizat de asemeni cu succes în construcţiile aerospaţiale, interastrale.

7.8. Metalurgia cromului

Cromul este cel mai răspîndit metal cromofor. Se extrage din cromit ($FeO.Cr_2O_3$), fie sub formă de crom metalic fie ca feroaliaj. Dintre metodele de extragere amintim: aluminotermia, electroliza sulfaţilor în soluţii apoase sau metoda reducerii fără topire a oxidului cu hidrogenul. Cînd vrem să obţinem feroaliajul respectiv atunci cromitul se topeşte direct în furnalul electric împreună cu carbonatul de calciu. Se obţine un ferocrom cu 70 % Cr şi 2 - 12 % C.

Cromul metalic este un metal dur strălucitor, alb-cenuşiu, cu punctul de topire 1910°C şi de fierbere de 2480°C. Este extrem de stabil la acţiunea coroziunii atmosferice.

Cromul este utilizat la elaborarea oţelurilor de construcţii de înaltă rezistenţă (2-3 % crom), a oţelurilor antiacide şi inoxidabile (12 - 20 % Cr) precum şi a oţelurilor termostabile şi refractare, adică a oţelurilor rezistente chimic şi mecanic la temperaturi înalte (peste 20 % Cr). Aliajele dure cu crom se folosesc pentru scule tăietoare iar aliajul cu 45 % Co, 15 % Cr şi 40 % Mo este un aliaj atît de dur încît zgîrie şi cuarţul, fiind folosit pentru instrumente de precizie. Se folosesc oţelurile cu crom pentru fabricarea sculelor aşchietoare (burghie, cuţite etc. pentru calibre, instrumente chirurgicale etc. De asemeni se folosesc pentru bilele rulmenţilor şi a suporţilor pentru lagărele cu rulmenţi.

7.9. Metalurgia cobaltului

Cobaltul este puţin răspîndit în natură, 4.10^{-3} % în scoarţa terestră, dar foarte mult căutat în tehnică. Se găseşte sub formă de cobaltină şi smaltină în Congo, Maroc, Ural şi Canada.

a - Elaborarea cobaltului

Metalurgia extracţiei constă din prepararea minereurilor şi îmbogăţirea prin flotaţie, după care se supun topirii cu cocs în cuptoare Water-Jacket, în prezenţa oxidului de calciu urmărindu-se obţinerea unui oxid de cobalt (CoO) cît mai pur. In continuare, cobaltul se extrage ca şi nichelul din oxid fie prin reducere cu C, H, CO sau Al, fie pe calea umedă a electrolizei.Cel mai pur cobalt (99,80 %) se obţine prin reducerea oxidului de cobalt cu ajutorul hudrogenului la temperatura de 500°C.

b - Proprietăţile şi întrebuinţările cobaltului

Cobaltul pur este un metal dur dar ductil şi maleabil, alb argintiu, asemănător nichelului. Are punctul de topire 1490°C şi fierbe la 3185°C. Se utilizează în special la fabricarea aliajelor dure (metaloceramice) şi la elaborarea oţelurilor refractare, antiacide şi magnetice. Serveşte pentru fabricarea oţelurilor rapide pentru scule aşchietoare alături de wolfram şi crom. Construcţia de avioane cu reacţie şi rachete teleghidate, reclamă producţii mari de cobalt, pentru fabricarea aliajelor refractare necesare. O importanţă deosebită o are cobaltul ca izotop radio-

activ (Co^{60}) ca mijloc în defectoscopia materialelor, ca atom marcat în cercetarea diferitelor procese biologice, chimice şi metalurgice.

7.10 - Metalurgia manganului

Manganul este un metal alb-cenuşiu strălucitor şi casant. Se extrage din minereuri oxidice: piroluzita (MnO_2), hausmanitul (Mn_3O_4), manganitul (Mn_2O_3), rodonitul ($MnSiO_3$) etc., care topite împreună cu minereurile de fier în cuptoare electrice sau furnal conduc direct la obţinerea feromanganului. Oţelurile cu mangan sînt de construcţie pentru clădiri, şine de cale ferată cu pînă la 1 % mangan; de mare duritate cu 12 - 15 % mangan, utilizate pentru rezistenţă la şocuri şi frecare.

Mangan pur se foloseşte obţinut pe cale electrolitică, fiind introdus în componenţa oţelurilor şi aliajelor speciale. Manganul pur este foarte fragil şi greu de prelucrat, un adaos însă de numai 3-4 % cupru, îl face uşor plastic şi prelucrabil. In ultima vreme se dezvoltă puternic industria bronzurilor, alamelor cu mangan iar în electrotehnică în proporţie de 30 % sîrmele de rezistenţă sînt din manganină. O altă întrebuinţare a manganului este împreună cu nichelul sau cuprul, în aliaje absorbante de vibraţii sonore.

7.11. Metalurgia wolframului

Wolframul este unul din metalele rare, mult căutat astăzi în tehnică. Se întîlneşte în natură sub formă de wolframit ($(FeO, MnO)WO_3$), scheelit ($CaWO_4$) şi tungstit (WO_3). Extracţia metalurgică constă în separarea oxidului (WO_3) care ulterior se reduce la wolfram metalic prin aluminotermie sau reducere cu hidrogen şi carbon. Wolframul astfel obţinut este mai puţin pur, încît wolframul pur se obţine pe altă cale şi anume din electroliza ignee (1050 - 1300°C) a unei topituri din wolframit sau scheelit cu borax, cînd puritatea creşte la 99,6 - 99,7 %. Ferowolframul (cu 80-85 % wolfram şi maxim 1 % carbon), se prepară la fel ca şi ferocromul.

Wolframul are punctul de fuziune 3410°C, fierbe la 6000°C. Are rezistenţă mecanică înaltă, care nu se modifică pînă la 800°C. In acelaşi timp, este foarte plastic, din 100 gr wolfram putîndu-se trage o sîrmă de 40 km lungime, ceea ce l-a făcut utilizabil în industria filamentelor pentru lămpi electrice. Wolframul a stat la baza revoluţionării tehnicii aşchierii prin fabricarea -

oţelurilor cu wolfram şi a aliajelor dure metaloceramice cu carburi de wolfram care au condus la creşterea considerabilă a productivităţii maşinilor-unelte. Astfel, în cazul oţelurilor rapide de scule, s-a ajuns la viteze de 20 - 30 m/min cu păstrarea durităţii sculei pînă la 600°C iar prin descoperirea aliajelor dure metaloceramice de tip Widia (de la Wie Diamant - tare ca diamantul, din germană) s-a ajuns la creşterea vitezelor de aşchiere pînă la ordinul sutelor de metri pe minut. Aliajele metaloceramice (din carburi de wolfram şi liant cobaltul, sau nichelul), rezistă la temperaturi de 900 - 1000°C.

Wolframul este întrebuinţat în mai mică măsură, la fabricarea oţelurilor aliate de construcţii, oţelurilor pentru scule de prelucrat la cald şi oţeluri pentru magneţi permanenţi.

7.12. Metalurgia molibdenului

Molibdenul se extrage din molibdenită (MoS) care se găseşte şi în ţara noastră la Băiţa - Bihor. Prin prăjirea concentratului se obţine mai întîi trioxidul de molibden (MoO_3), trioxid care supus unui curent de hidrogen face să treacă molibdenul metalic în pulbere de puritate 99,8 %, care ses supune aglomerării şi sinterizării. Molibdenul metalic se mai obţine plecînd de la MoO_3 prin aluminotermie sau silicotermie:

$$2\ MoO_3 + 3\ Si = 2\ Mo + 3\ SiO_2$$

Pentru necesităţi metalurgice se fabrică şi fermolibdenul cu 60 % molibden în cuptoare electrice în amestec cu oxidul de fier, ferosiliciu şi span de fier.

Molibdenul e asemănător cu wolframul, se topeşte la 2620°C.

Se foloseşte fie ca metal pur la suporţii lămpilor electrice, fie sub formă de carburi la fabricarea aliajelor metaloceramice pentru fabricarea sculelor aşchietoare, filiere etc. Cel mai mare consumator de molibden este industria oţelurilor astfel: numai 0,2 - 0,3 % molibden la un oţel cu wolfram ridică caracteristicile de durabilitate a acestuia concomitent cu uşurinţa prelucrabilităţii lui. Oţelurile cu molibden intră în construcţia motoarelor termice, avioane, aparate de precizie (molibdenul nu se dilată deloc aproape pînă la 1000°C), la construcţia cazanelor cu aburi, a turbinelor, a schimbătoarelor de căldură etc. ca oţeluri rezistente la fluaj.

7.13. Metalurgia vanadiului

Vanadiul se extrage prin prăjirea minereurilor sulfuroase cu obţinerea oxidului de vanadiu (V_2O_5) din care prin aluminotermie sau silicotermie se obţine vanadiul metalic. Ferovanadiu (cu 35 - 85 % V) se poate obţine prin topirea în cuptorul electric a concentratului oxidic (V_2O_5).

Vanadiul este un metal refractar, se topeşte la 1900°C. Stă la baza fabricării oţelurilor aliate. Un adaos de 0,12-0,20% vanadiu imprimă oţelurilor caracteristici superioare, mărindu-le duritatea, plasticitatea, rezistenţa la uzare şi la acţiunea temperaturilor ridicate. Alături de Ni, Cr, Mn, Co, vanadiul formează compoziţia oţelurilor aliate pentru construcţia arborilor cotiţi şi axelor motoarelor de automobil şi avion, a osiilor şi arcurilor pent ru automobile şi vagoane. Fontele şi oţelurile cu vanadiu se folosesc în electrotehnică, automatizări, control, tehnică navală, militară, armament etc. De asemeni, din fonta cu vanadiu se toarnă blocurile-motor supuse la temperaturi ridicate la motoarele cu ardere internă.

7.14. Metalurgia titanului

Titanul este umul din cele mai răspîndite metale în scoarţa pămîntului (0,58 %), principalele minerale fiind: rutilul (TiO_2), ilmenitu ($FeTiO_3$) şi titanitul ($CaOTiO_2SiO_2$). Metalurgia titanului constă în topirea reducătoare cu carbon în furnalul electric. Titanul se mai poate obţine şi prin aluminotermie din TiO_2. Ferotitanul se fabrică prin aluminotermie şi prin reducere cu carbonul.

Titanul se topeşte la 1700°C, are greutatea specifică 4,3 daN/cm^3 şi o rezistenţă mec anică de 5,5 ori mai mare ca a fierului. Aceste caracteristici au stat la baza utilizării lui în special în aeronautică, rezistînd la bariera sonică. Titanul este rezistent la acţiunea apei marine folosindu-se pentru nave submarine, batiscafe. Titanul se foloseşte pentru industria chimică rezistînd la coroziune şi eroziune. Serveşze drept carbură metalică în aliajele dure metaloceramice.

7.15. Metalurgia zirconiului

Datorită proprietăţilor sale de a forma cu multe metale combinaţii stabile, la obţinerea zirconiului fie pe cale termică, fie pe cale electrolitică, se obţine un zirconiu impur. Zirconiul metalic cu 97 - 99,8 % se obţine prin reducere cu sodiu

cu sodiu metalic sau prin reducerea bioxidului de zirconiu, urmînd a se retopi produsul obţinut în vid pentru îndepărtarea restului impurităţilor de hidrogen, oxigen şi azot.

Zirconiul este un metal de culoare alb-argintie, are densitatea de 6,5 g/cm^3 şi temperatura de topire de 1855°C.

Proprietăţile sale fizico-chimice sînt asemănătoare titanului.

In stare compactă este rezistent la coroziune, la temperatură obişnuită este rezistent la aer iar la temperaturi de peste 400°C se acoperă cu o peliculă protectoare de oxid. Zirconiul se întrebuinţează ca adaus în oţelurile speciale pentru a absorbi azotul şi oxigenul şi pentru a lega sulful, îmbunătăţind astfel proprietăţile mecanice.

Un adaos de 0,08 - 0,1 % zirconiu, măreşte rezistenţa la compresiune, rezilienţa şi plasticitatea oţelurilor de consfrucţie iar în adaos de 1 - 10 % Zirconiu măreşte rezistenţa la uzură a oţelurilor de tăiere rapidă cu crom şi wolfram.

Zirconiul se foloseşte adesea ca element de adaos în aliajele neferoase. Astfel, aliajul de nichel cu cobalt care conţin pînă la 20 % zirconiu, sînt recomandate ca aliaje antiacide. Aliajele de cupru-zirconiu se folosesc la confecţionarea electrozilor pentru sudarea prin puncte, la fabricarea cablurilor electrice speciale.

Zirconiul intră ca element de aliere în bronzurile cu plumb, cu aluminiu în aliajele Cu-Ni.

Aliajele de Mg-Zr se utilizează la motoare cu reacţie.

Intrucît zirconiul şi aliajele de zirconiu rezistă la acţiunea apei fierbinţi şi a aburului la presiune ridicată ca şi a radiaţiilor radioactive, tabla de zirconiu este folosită în prezent ca material de construcţie pentru diferite utilaje chimice cum sînt: centrifuge, pompe, condensatoare, reactoare în tehnica nucleară, tuburi Röentgen.

De asemenea, zirconiul sub formă de foi se întrebuinţează pentru filiere în industria fibrelor artificiale.

Zirconiul ca absorbant al gazelor, se întrebuinţează în lămpile radio şi tehnica vidului înaintat.

Sub formă de pulbere se întrebuinţează în amestecuri pirotehnice.

PARTEA III-a

PRELUCRAREA MATERIALELOR METALICE PRIN TURNARE

Materialele şi aliajele metalice elaborate prin diverse procedee, în continuare se prelucrează prin diferite procedee tehnologice ca: turnarea, laminarea, forjarea, ambutisarea, ştanţarea etc. cu scopul obţinerii pieselor de maşini şi a altor produse finite.

Turnarea este una dintre metodele cele mai obişnuite şi mai economice ale tehnicii actuale de obţinere a produselor metalice, motiv pentru care este larg răspîndită şi prezintă o mare importanţă pentru economia noastră naţională.

Această importanţă rezultă din faptul că prin turnare se pot realiza cu uşurinţă piese de forme complicate, cu un utilaj simplu, din materii prime nepretenţioase, la un preţ de cost redus. In construcţia de maşini şi utilaje, greutatea pieselor turnate reprezintă aproximativ 60 - 90 % din greutatea totală a produselor finite; aceasta înseamnă că cca 20 - 25 % din valoarea totală a maşinilor fabricate este reprezentată de piesele turnate. Prin turnare se pot obţine piese de diverse configuraţii, avînd greutăţi de la 50 g pînă la cîteva sute de tone.

Semifabricatele pentru construcţia de maşini sînt principalele însă nu singurele produse ale turnătoriilor. O importantă parte a produselor turnătoriilor o constituie utilajul de turnare pentru oţelării (lingotiere, poduri, pîlnii, maselotiere), instalaţiile de alimentare cu apă şi de canalizare ale oraşelor, cazane, radiatoare pentru încălzire centrală, vane şi robinete pentru diverse destinaţii etc.

Importanţa turnătoriei rezultă şi din faptul că o mare parte din metale şi aliaje se utilizează în construcţia de maşininîn stare turnată, întrucît pe alte căi tehnologice nu pot fi uşor transformate piesele, cum sînt: fonte cenuşii, fonte maleabile, alame cu procent ridicat de zinc, bronzuri cu procent ridicat de staniu, unele aliaje de aluminiu etc.

După caracteristicile aliajelor turnate, turnătoriile se împart în: turnătorii de fontă; turnătorii de oţel şi turnătorii de metale neferoase.

In unele cazuri secţiile de turnătorie cuprind toate cele trei ramuri iar în altele, sînt specializate pe ramuri.

Turnătoria este cunoscută din cele mai vechi timpuri, cea mai veche turnătorie fiind cea de neferoase. O întreagă epocă din istoria omenirii, începînd cu sfîrşitul epocii neolitice (2000-3000 de ani î.e.n.) este caracterizată pentru întrebuinţarea bronzului turnat pentru confecţionarea uneltelor, armelor şi podoabelor. Denumirile de "epocă de bronz" şi "epocă de fier" sînt folosite în istoria civilizaţiei omenirii strîns legat de dezvoltarea artei turnării.

Descoperirile arheologice au arătat că turnătoria cunoaşte o mare perioadă de dezvoltare preistorică. Astfel, fonta s-a turnat încă din secolul VI î.e.n. în China. Asirienii, Egiptenii, Grecii, Chinezii, Japonezii turnau obiecte artistice din bronz cu multe secole înaintea erei noastre. La chinezi se găseşte statuia din bronz a lui Buda cel cu 1000 de braţe. In Japonia, o altă statuie a lui Buda turnată în anul 739, are o înălţime de 30 m şi greutatea 450 t. In Egipt cu cca 1500 ani î.e.n. se găsesc piese din bronz sub formă de arme, vîrfuri de săgeţi, lănci, săbii.

In Europa şi Asia Mică producţia industrială se dezvoltă paralel cu turnătoria artistică. Astfel, în anul 1469 apare prima sobă de încălzit din fontă. In secolul XVII se toarnă clopotul "Boris Godunov" de 128 de tone şi clopotul ţar de 200 t. Se toarnă statuia lui Petru cel Mare la Leningrad - Călăreţul de aramă, se toarnă podul de fontă 1794 în Silezia.

La începutul epocii moderne, turnătoriile de fontă erau secţii anexe la furnale. Turnarea se făcea cu fontă de prima fuziune. Mai tîrziu, secolul al XVIII-lea după inventarea cubilolului, turnătoriile s-au dezvoltat executîndu-se piese din fontă de a doua fuziune.

Turnarea oţelului în forme de nisip apare în a doua jumătate a secolului al XIX-lea, odată cu elaborarea oţelului prin metodele moderne: convertizor (1855) şi procedeul Martin (1865). Sfîrşitul secolului XIX şi începutul secolului XX marchează dezvoltarea impetuoasă a industriei metalurgice strîns legată de turnătorie, bază a construcţiilor de maşini.

Pe teritoriul patriei noastre au luat fiinţă la început pe lîngă furnale, dar au fost slab utilate şi nemecanizate. După naţionalizare (1948) în cadrul politicii Partidului Comunist Român de industrializare socialistă a ţării, turnătoriile au

Scanned with OKEN Scanner

cunoscut un puternic avînt. Dezvoltarea s-a făcut prin înfiinţarea de turnătorii noi cît şi prin reorganizarea şi extinderea celor existente, punîndu-se accentul pe o mecanizare înaintată, prin dotarea cu maşini şi utilaje tehnologice noi, care au permis creşterea rapidă a producţiei, a productivităţii muncii, utilajelor, îmbunătăţindu-se în acelaşi timp considerabil condiţiile de muncă. Astfel, s-au înfiinţat numeroase turnătorii noi cum sînt: turnătoriile de la întreprinderile de tractoare şi autocamioane Braşov, "Semănătoarea" Bucureşti, turnătoria de lingotiere Călaan, de utilaj chimic şi petrolier Tîrgovişte, de segmenţi şi pistoane Colibaşi; turnătoria de la I.U.P.S. Botoşani, de la I.M.A.T.E.X. Tg.Mureş, turnătoriile mixte de oţel şi fontă de la C.S.Galaţi, turnătoria de piese mari, Intreprinderea metalurgică Bucureşti etc. S-au modernizat turnătoriile vechi, cum sînt: cele de la întreprinderile "23 August" Bucureşti, "Vulcan", "Timpuri Noi", "Progresul" Brăila, "1 Mai" Ploieşti, "Infrăţirea" Oradea, "Unirea" Cluj, "Vagonul" Arad, "Metalotehnica" Tg.Mureş etc.

Pentru ridicarea calităţii şi productivităţii s-a dat atenţie turnătoriilor mari specializate pe produse. In aceste măsuri producţia de piese turnate a crescut de la 80000 tone pe an în 1948 la 500000 tone pe an în 1966 şi a atins ordinul milioanelor tone pe an în actualul cincinal (1981-1985).

Cu toată importanţa sa economică şi cu tot trecutul său, turnătoria nu ajunsese să aibă caracterul ştiinţific, ora considerată mai mult o artă, dependentă de talentul, iscusinţa şi aptitudinile turnătorului. Ca urmare a cercetărilor întreprinse, cu toată complexitatea fenomenelor termochimice şi fizico-chimice care însoţesc turnarea, a reuşit să se creeze o bază solidă de cunoştinţe în domeniu ridicînd turnătoria la rangul de ştiinţă tehnică.

In baza ultimelor cuceriri ale ştiinţei şi tehnicii în acest domeniu, s-a reuşit să se crească rezistenţa mecanică a pieselor turnate, s-a mărit precizia dimensiunilor şi calitatea suprafeţelor pieselor, piesele turnate apropiindu-se din ce în ce mai mult de piesele finite, în aşa fel încît prelucrările mecanice ulterioare de aşchiere să scadă considerabil.

Perfecţionarea procedeelor de turnare permit actualmente obţinerea de piese cu toleranţe strînse, putînd fi montate direct pe maşini.

Scanned with OKEN Scanner

In majoritatea cazurilor, turnarea este un procedeu ieftin comparativ cu alte tehnologii de fabricare. Avînd în vedere varietatea mare de piese turnate şi avantajele pe care le prezintă procedeul, construcţia modernă de maşini apelează din ce în ce mai mult la tehnica şi tehnologia turnării.

— Probleme generale ale procesului tehnologic de turnare

Prin turnare se înţelege operaţia de umplere cu metal lichid a unei forme avînd cavitatea corespunzătoare geometriei piesei turnate. La solidificare, va reproduce şi păstra configuraţia geometrică şi dimensiunile golului formei care reprezintă însăşi piesa de fabricat. La baza proceselor de turnare stă principiul fizic în virtutea căruia orice lichid ia forma vasului care-l conţine.

— Forma de turnare este ansamblul nemetalic sau metalic care cuprinde unul sau mai multe spaţii goale, care prin umplere cu metal lichid şi solidificare, va da una sau mai multe piese turnate.

Pereţii exteriori ai cavităţii reprezintă configuraţia exterioară a piesei iar miezurile crează configuraţia interioară a piesei, montîndu-se în formă pe unele prelungiri denumite mărci.

In funcţie de natura pereţilor spaţiilor goale şi de numărul de utilizări, formele se împart în trei clase şi anume: forme temporare; forme semipermanente; forme permanente.

— Formele temporare (sau forme pierdute) sînt alcătuite din amestecuri de formă, din nisip cu substanţe de legătură (lianţi). Ele se utilizează o singură dată dar constituie metoda fundamentală de fabricare a pieselor prin turnare.

— Formele semipermanente sînt alcătuite din materiale plastice şi refractare, bazate în special pe argilă şi şamotă. Se utilizează pentru un număr limitat de turnări (5-10) cu mici reparaţii intermediare. Aceste forme se execută de regulă în solul turnătoriei prin şablonare, care realizează cavitatea piesei de turnat. Jumătatea superioară se realizează printr-unul sau mai multe miezuri montate în rame superioare.

— Formele permanente numite şi cochile, sînt matriţe metalice executate din fontă sao oţeluri, prevăzute cu cavităţi corespunzătoare configuraţiei exterioare a piesei şi locaşurilor pentru miez. Aceste forme se utilizează pentru un număr mare de turnări (2000 - 80000), fiind practicată la fabricaţia în serie

mare şi de masă.

Toate aceste tipuri de forme sînt prevăzute cu reţele de turnare, răsuflători şi eventual maselote.

Pentru obţinerea pieselor turnate este nevoie de o succesiune a operaţiilor tehnologice înscrise într-un traseu bine definit, alcătuind procesul tehnologic de fabricaţie. Varietatea mare de piese turnate a impus şi dezvoltarea unei serii întregi de metode şi procedee de turnare.

Obţinerea unei piese turnate cuprinde în general, următoarele operaţiuni principale:

- executarea formelor şi miezurilor necesare turnării;
- elaborarea metalelor şi aliajelor în stare lichidă;
- montarea,asamblarea formei în vederea turnării;
- turnarea propriu-zisă în formă;
- solidificarea şi răcirea metalului în forme;
- dezbaterea (scoaterea) pieselor din formă şi a miezurilor din piesă;
- curăţirea pieselor turnate;
- tratamente termice;
- controlul şi recepţia pieselor turnate.

La elaborarea procesului tehnologic trebuie avut în vedere următoarele elemente principale:

- obţinerea unor piese de bună calitate, compacte, cu proprietăţi fizice, chimice, mecanice ridicate, conform prescripţiilor şi condiţiilor tehnice şi cu un procent minim de rebut;
- respectarea condiţiilor de exploatare a pieselor turnate;
- să se poată adapta utilajului existent şi să se poată executa în condiţii normale cu forţa de muncă calificată existentă;
- să se asigure adaosuri minime de prelucrare cu micşorarea la maximum a consumurilor specifice de materii prime şi auxiliare, energie electrică, combustibil şi aer comprimat;
- să se asigure o mărire a productivităţii anuale de piese bune şi condiţii de muncă favorabile în conformitate cu securitatea muncii.

De asemeni, de mare importanţă la stabilirea procesului tehnologic este producţia respectiv numărul de piese ce se toarnă pe an. In practică, se utilizează şi o clasificare în funcţie de numărul şi greutatea pe bucată a pieselor turnate, care grupează producţie pe cinci categorii, după cum urmează:

- mici (sub 100 kg); - mijlocii (100-1000 kg) - mari (1000 pînă la 5000 kg) şi foarte mari (peste 5000 kg).

După seria de fabricaţie, producţia de piese turnate se prezintă după schema tabelului de mai jos:

. SCARA PRODUCŢIEI LA FABRICAREA PIESELOR TURNATE

Nr. crt.	Scara productiei	Piese mici pe un an	Piese mari pe un an
1.	Producţie individuală	0 ÷ 200	0 ÷ 50
2	Serie mică	200 ÷ 1000	50 ÷ 300
3	Serie mijlocie	1000 ÷ 20000	300 ÷ 500
4	Serie mare	20000 ÷ 30000	peste 500
5	Producţie de masă	peste 30000	nu este cazul

Metodele şi procedeele de turnare sînt direct legate de:

- aliajul metalic ce se toanră;
- cele trei categorii de forme: temporare, semipermanente şi permanente;
- precizia turnării;
- faptul dacă formele sînt statice sau în mişcare;
- modul de introducere a metalului în formă cu sau fără presiune;

Dintre numeroasele metode şi procedee de turnare cunoscute, metoda cea maiv veche şi cea mai utilizată este turnarea în forme temporare şi mai ales în forme crude executate din amestec de formare pe bază de nisip cu ajutorul modelelor.

In ultima vreme, progresul tehnic în turnătorie abordează şi o serie de metode moderne cum sînt: turnarea în forme coji; turnarea cu modele uşor fuzibile; turnarea în vid etc., precum şi metode de precizie mai vechi, cum sînt: turnarea în cochile, turnarea sub presiune etc. Scopul acestor metode nu este altul decît îmbunătăţirea calităţii pieselor turnate, reducerea adaosurilor de prelucrare prin aşchiere, cu reducerea corespunzătoare a consumului de metal lichid şi creşterea productivităţii muncii concomitent cu un preţ de cost scăzut.

Scanned with OKEN Scanner

CAP.8. - TURNAREA PIESELOR IN FORME TEMPORARE

Procedeele la care forma nu rezistă decît la o singură turnare, se numesc procedee de turnare în forme temporare, la care, formele se distrug în momentul dezbaterii pentru scoaterea piesei. Materialul de formare la unele procedee, se recuperează (turnarea în nisip), iar la altele se pierde complet (turnarea cu modele uşor fuzibile).

Cele mai importante procedee de turnare în forme temporare sînt: turnarea în amestec de formare (nisip), turnarea în coji, turnarea cu modele uşor fuzibile şi turnarea în forme întărite cu CO_2.

In cele ce urmează, se prezintă procedeele de turnare în amestec de formare pe bază de nisip, celelalte procedee fiind tratate la subcapitolul "Metode speciale de turnare". Caracteristic procedeului de turnare în amestec de formare ca de altfel tuturor metodelor de turnare în forme temporare este modul de realizare a cavităţii formei, care se face fie cu ajutorul modelelor, fie cu ajutorul şabloanelor. Schema procesului tehnologic se vede în figura 8.1. La turnarea în amestec de formare deosebim: turnarea în forme crude (neuscate) şi turnarea în forme uscate.

Metoda de turnare în forme temporare cuprinde o serie de operaţiuni în succesiune logică, trecînd de la formă prin asamblarea ei, elaborarea metalului şi turnare, pînă la controlul şi recepţia piesei turnate finale.

In figura 8.2 se prezintă pentru exemplificare, elementele componente principale ale unei forme temporare de amestec de formare gata pregătită pentru turnare. In această figură se prezintă de asemeni, şi sistemul de montare a miezului în formă ca şi desenul de perspectivă al piesei turnate la care se observă ataşat şi elementele reţelei de turnare (fig.8.2-f).

In continuare, se prezintă date privind operaţiile din schema procesului tehnologic de turnare, prezentată în figura 8.1, dezvoltîndu-se în detaliu fiecare operaţie distinctă a traseului tehnologic de turnare. Se prezintă astfel problemele legate de amestecurile de formare, forme, turnare, dezbatere, tratamente termice, metode de control şi recepţie etc.

Scanned with OKEN Scanner

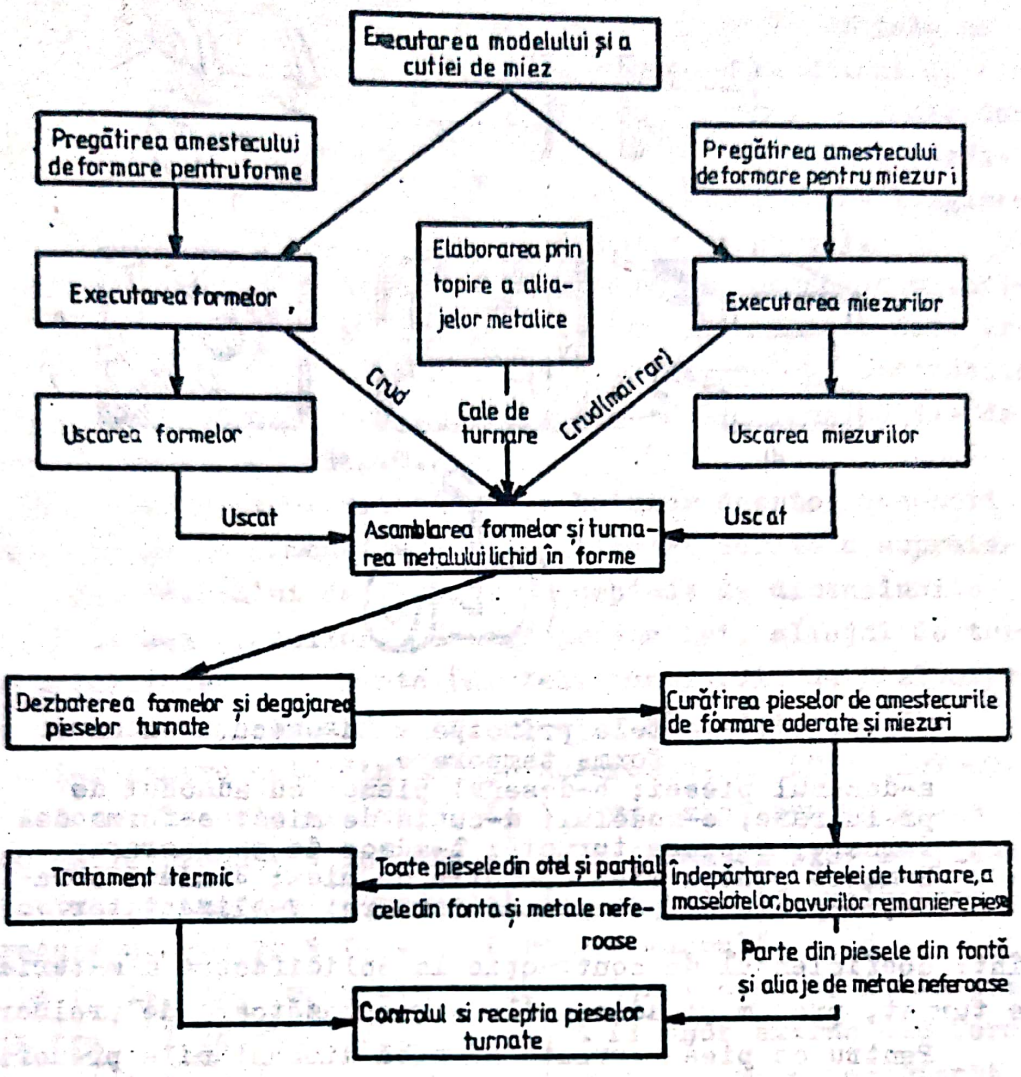


Fig.8.1. Schema procesului tehnologic de turnare în forme temporare

8.1. Confecționarea modelelor și a cutiilor de miez

Modelul este reproducerea din lemn, metal sau alt material a piesei turnate, cu ajutorul căruia se imprimă în formă profilul exterior al piesei.

Profilul interior și golurile piesei se realizează cu ajutorul miezurilor care se confecționează în cutiile de miez.

Modelul față de piesa turnată, conform desenului de execuție, conține în plus adaosurile de prelucrare și cele tehnologice cum sînt, de exemplu, proeminențele pentru realizarea anumitor părți din rețeaua de turnare și a cavităților pentru mărcile miezurilor. Calitatea piesei este strîns legată de proiectarea și execuția miezului. La proiectarea modelului trebuie ținut cont de o serie întreagă de factori, printre care mai im-

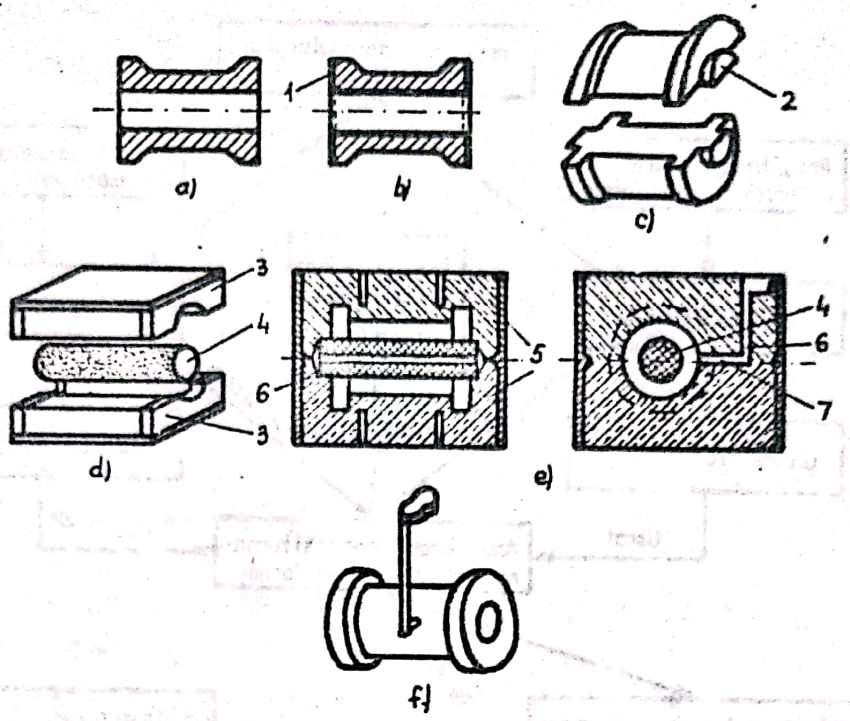


Fig.8.2. Elementele principale la executarea unei forme temporare
a-desenul piesei; b-desenul piesei cu adaosul de prelucrare; c-modelul; d-cutia de miez; e-forma de turnare; f-piesa turnată; 1-adaos de prelucrare; 2-marcă pentru miez; 3-cutia de miez; 4-miez; 5-rame; 6-piciorul pîlniei de turnare; 7-alimentator

sînt: coeficientul de contracţie la solidificare a materialului de turnat, precum şi adaosurile corespunzătoare de prelucrare.

Pentru ca piesa turnată să aibă dimensiunile prescrise, modelul şi cutia de miez, trebuie să aibă dimensiuni ceva mai mari, corespunzător contracţiei. Pentru exemplificare, în tabelul 8.1 se prezintă contracţia cîtorva aliaje mai frecvent turnate.

Tabelul 8.1

Denumirea aliajului	Contracţie liniară, [%]
Fontă cenuşie	0,7 ÷ 1,0
Fontă maleabilă	1,0 ÷ 1,5
Oţeluri carbon şi aliate	1,5 ÷ 2,2
Bronzuri cu staniu	1,0 ÷ 1,3
Bronzuri cu aluminiu	2,0 ÷ 2,4
Aliaje de aluminiu	0,8 ÷ 1,5
Aliaje de zinc	1,5
Aliaje de magneziu	1,25

Pentru a ţine cont de contracţii, de regulă modelele se execută prin măsurătoare cu metrul de contracţie. Metrul de contracţie este la fel cu diviziunile metrului normal ca număr,dar mărite cu coeficientul de contracţie (ex. la o fontă cu coeficientul de contracţie de 1 %, metrul de contracţie are lungimea de 1010 mm, dar este divizat tot într-o mie de părţi).

Cum piesele turnate suferă şi prelucrări mecanice ulterioare, la întocmirea desenului modelului pe suprafeţele care urmează să fie prelucrate se prevăd faţă de adaosul de contracţie şi o serie de a-daosuri suplimentare legate de necesităţile de prelucrare ulterioară (fig.8.2-b).

Prin îndepărtarea ulterioară a tuturor acestor adaosuri se obţine piesa la dimensiunile şi calitatea dorită a suprafeţei. Mărimea adaosului de prelucrare depinde de dimensiunile piesei, grosimea pereţilor, mărimea producţiei, aliajul de turnat, complexitatea piesei etc. Astfel, adaosurile de prelucrare pentru piesele turnate din fontă şi oţel sînt date în STAS 1592-74 iar pentru cele din aliaje neferoase, în STAS 6287-80.

Adaosurile cele mai mici, de 1-2 mm, sînt pentru piese sub 100 mm la producţia în masă şi la o formă simplă. La piesele executate prin formare mecanică, adaosurile de prelucrare sînt reduse cu cca 20 % faţă de formarea manuală-

La proiectarea modelului trebuie ţinut cont de forma piessi, în aşa fel încît modelul să poată fi uşor extras din formă, fără deteriorarea acesteia. In acest scop, de mare importanţă este ca piesa să prezinte plane de separaţie simple şi plan care se stabileşte în funcţie de configuraţie, numărul de miezuri, poziţia de turnare a piessi, modelul executîndu-se din mai multe părţi îmbinate cu cepuri de centrare.

La piesa turnată se urmăreşte ca numărul de plane de separaţie să fie cît mai mic, să fie plan de simetrie, să treacă prin gaura piesei, pentru a se monta uşor miezurile.

La confecţionarea formelor trebuie urmărit ca partea piesei ce se prelucrsază să se plaseze în timpul turnării în rama inferioară, unde metalul este mai compact, fără impurităţi, incluziuni etc.

Pentru uşurarea extragerii modelului din formă şi respectiv a miezului din cutia de miez, la confecţionarea acestora suprafeţele perpendiculare pe planele de separaţie se prevăd cu înclinaţii şi conicităţi. Valorile acestora se găsesc în tabele standardizate.

Scanned with OKEN Scanner

De exemplu, la: formarea mecanică pentru modelele înalte, înclinaţia minimă este de 0,5° pe cînd la formarea manuală la înălţime mică a piesei şi mai ales pentru suprafeţe interioare, înclinaţiile pot atinge 3-4°. La îmbinările între pereţi sau pereţi cu nervuri, se prevăd raze de racordare.

La proiectarea modelului şi a cutiilor de miez, trebuie ţinut cont de asemeni, de tehnica turnării, aerisirea formei, reţeaua de turnare şi aşezarea maselotelor, răsuflătorilor, în aşa fel încît piesa să se umple cît mai bine fără pericol de retasură iar miezurile formei să fie prevăzute cu mărci de montare.

Atît modelele cît şi cutiile de miez pot fi confecţionate din diferite esenţe lemnoase, ipsos, mase plastice sau diverse aliaje metalice.

Lemnul este cel mai folosit, ca fiind mai ieftin, însă nu rezistă decît la un număr redus de formări. De asemenea, prezintă pericolul deformării, absorbţiilor etc. Ca specii de lemn se utilizează : teiul, molidul, bradul, pinul, părul, frasinul şi carpenul. Cel mai utilizat este teiul, care se netezeşte uşor şi are o bună durabilitate. Lemnul de brad este mai puţin rezistent şi se utilizează pentru modele nepretenţioase. Lemnul pentru modele se usucă sub 8 - 10 % umiditate, trebuie să fie de calitate superioară, fără noduri, defecte. Evitarea defectelor se face montînd modelul din bucăţi mai mici care se lipesc între ele. Părţile componente se aşează cu fibrele perpendiculare între ele pentru a se compensa contracţiile transversale. Modelele mai complicate se fac din mai multe părţi demontabile.

Suprafeţele prelucrate şi finisate ale modelelor şi cutiilor de miez se chituiesc şi se vopsesc, prin aceasta realizîndu-se:

- obţinerea de suprafeţe netede, extragere uşoară din formă şi calitate superioară a suprafeţei piesei;
- evitarea aderării amestecului de formare la suprafaţa modelului;
- obţinerea unei suprafeţe mai rezistente la solicitările din timpul îndesării amestecului şi extragerii modelului;
- evitarea umezirii modelului cu apa din amestec;
- să se dea indicaţii turnătorului pentru turnarea unui anumit tip de piesă după natura aliajului, prin vopsirea cu culori diferite.

Astfel, culoarea roşie indică turnarea fontei, albastră oţelului, galbenă aliajele de aluminiu, verde bronzul etc.

Scanned with OKEN Scanner

Mărcile se vopsesc în culoare neagră iar suprafeţele ce urmează să fie prelucrate se vopsesc prin linii paralele de culoare neagră.

Modelele de lemn se utilizează pentru cazul producţiei individuale sau de serie mică. Modelele şi cutiile de miez metalice se confecţionează deobicei din aluminiu sau aliaje de aluminiu care rezistă bine la coroziune şi sînt mai uşoare. Se mai fabrică modele şi din bronz, alamă, fontă cenuşie şi oţel. Modelele metalice se utilizează la turnarea de serie mare şi mai ales pentru cazul formării mecanice.

Modelele metalice se confecţionează prin turnare după un model de lemn prevăzut cu adaosurile de contracţie şi prelucrare atît pentru materialul modelului metalic cît şi pentru metalul care se toarnă în piese. Prelucrarea modelului metalic la dimensiuni exacte se face prin aşchiere: strunjire, frezare, rectificare, prin copiere etc.

La formarea mecanică modelul metalic este fixat pe o placă de model împreună cu elementele reţelei de turnare. De asemeni se mai prevăd cepuri de centrare care ghidează ramele de formare. Există plăci de model cu o singură faţă de lucru, cu două feţe şi plăci de model reversibile. In figura 8.3 se prezintă spre exemplificare o placă de model cu două feţe.

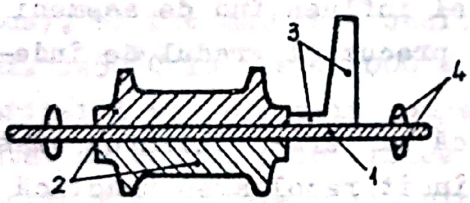


Fig.8.3. Placă de model 1-placă de oţel; 2-semimodele; 3-elementele reţelei de turnare; 4-cepuri de centrare

Suprafaţa activă a plăcii de model trebuie să fie netedă, dreaptă sau profilată, după cum impune planul de separaţie al modelului. Modelele metalice se folosesc mai ales la producţia de serie mare şi masă, cînd preţul de cost se amortizează uşor.

In ultima vreme, pentru confecţionarea modelelor se folosesc şi răşini sintetice care prezintă avantajele: - sînt mai ieftine, - prezintă o rezistenţă mare la uzură, - sînt uşoare, - nu sînt influenţate de umiditatea amestecului de formare; - se confecţionează mult mai simplu.

Menţionăm că pentru piese de mare precizie în cadrul procedeelor speciale de turnare se confecţionează şi modele uşor fuzibile din materiale cum sînt: ceară de albine, parafină, colofoniu, stearină tehnică.

Cutiile de miez servesc la confecţionarea miezurilor care se montează în formă şi dau naştere conturului interior al pieselor cu goluri interioare. Se confecţionează din lemn, metal sau alte materiale. Sînt formate din două sau mai multe bucăţi asamblate cu ajutorul cepurilor de ghidare.

8.2. Materiale pentru forme şi miezuri, prepararea amestecurilor şi utilajele folosite

A - Materiale pentru forme şi miezuri

Formele temporare de turnare se execută din amestecuri de formare iar pentru executarea miezurilor se folosesc amestecuri de miezuri. In general, aceste amestecuri sînt constituite din nisip de turnătorie, lianţi naturali sau artificiali şi adaosuri speciale. Pentru reuşita calitativă a pieselor turnate, amestecurile de formare trebuie să posede următoarele proprietăţi:

- rezistenţă mecanică mare, necesară pentru ca forma să reziste la manipulări şi la presiunea metalului lichid. Rezistenţa mecanică a amestecurilor de formare la compresiune, tracţiune, încovoiere, forfecare, se alege prin reţeta corespunzătoare de nisip, liant şi umiditate amestec. Astfel, rezistenţa mecanică creşte cu creşterea cantităţii de liant şi fineţea granulaţiei nisipului, asupra rezistenţei influenţînd de asemeni şi modul de preparare a amestecului, precum şi gradul de îndesare.

Menţionăm că rezistenţa mecanică şi permeabilitatea amestecurilor sînt invers proporţionale încît rezolvarea practică a problemei caută soluţia compromisului dintre aceste proprietăţi în sensul satisfacerii condiţiilor cerute de forme.

Pentru determinarea proprietăţilor mecanice de formare se folosesc aparate prevăzute în trusa de turnătorie care operează asupra unor epruvete standard crude sau uscate, confecţionate din amestecul de formare utilizat.

- permeabilitatea suficientă pentru a permite evacuarea gazelor din formă, care se degajă în timpul turnării (substanţe combustibile, aer, vapori de apă etc). Dacă aceste gaze nu se pot evacua prin porii amestecului, ele rămîn în corpul piesei solidificate şi dă naştere la defectele interne numite sufluri (goluri de baze).

Permeabilitatea amestecurilor de formare se datoreşte

spatiilor libere dintre granulele de nisip şi depinde de forma şi mărimea granulelor de nisip, de umiditatea amestecului, de conţinutul de componentă levigabilă (argilă) şi de gradul de îndesare.

In funcţie de aceşti factori, permeabilitatea creşte cu micşorarea conţinutului de argilă şi de apă din amestec, cu creşterea mărimii grăunţilor de nisip şi scade cu mărirea gradului de îndesare;

- plasticitatea corespunzătoare, pentru a putea reproduce fidel configraţia modelului. Plasticitatea creşte proporţional cu conţinutul de liant şi cu umiditatea amestecului de formare. Mai depinde de natura liantului şi granulaţia nisipului, în sensul că cu cît granulaţia nisipului este mai mică, cu atît amestecurile de formare sînt mai plastice.

- refractaritate mare, pentru a nu se deforma şi vitrifica în contact cu materialul topit, proprietate care depinde de compoziţia chimică şi mineralogică a materialului. Refractaritatea se măsoară prin temperatura la care rezistă amestecul de formare, fără a se înmuia. Dintre componenţii amestecului de formare, nisipul cuarţos (SiO_2) are refractaritatea cea mai mare (1710°C)

Amestecul de formare se prepară astfel încît temperatura de vitrifiere (temperatură la care se înmoaie luînd aspect sticlos), să fie mai mare decît temperatura de turnare a metalului (ex. 1450°C la oţel, 1000°C la bronz etc). Determinarea refractarităţii se face prin compararea comportării materialului cercetat cu conuri pirometrice etalon, la creşterea uniformă şi continuă a temperaturii, pînă la temperatura de înmuiere sau pe un aparat special prevăzut în trusa de turnătorie.

- durabilitatea suficientă, adică să-şi păstreze proprietăţile tehnologice la un număr cît mai mare de turnări. In cursul folosirii lor în turnătorii, amestecurile de formare se degradează treptat în variaţiile bruşte de temperatură, cînd granulele de cuarţ se sfărîmă, pierzîndu-şi apa de constituţie, problemă valabilă şi pentru lianţi. Degradarea amestecurilor se concretizează prin micşorarea permeabilităţii şi refractarităţii după un anumit număr de turnări. Din acest motiv, din timp în timp, amestecurile de formare se împrospătează mereu prin adaos de amestec nou.

- compresibilitatea este proprietatea miezului sau a formei de a ceda eforturile de contracţie care apare la solidificarea

piesei turnate, evitîndu-se formarea crăpăturilor datorită frînării contracţiei.

Toate aceste proprietăţi se verifică continuu în laboratorul de încercări unde se mai determină: compoziţia granulometrică, conţinutul de componentă levigabilă, forma granulelor, umiditatea amestecurilor. Rigurozitatea controlului acestor proprietăţi influenţează direct calitatea piesei turnate, cunoscut fiind faptul că peste 50 % din rebuturile de turnare sînt datorate calităţii necorespunzătoare a amestecurilor de formare şi miezuri.

La noi în ţară, analizele şi încercările amestecurilor de formare şi a nisipurilor de turnătorit sînt standardizate în STAS-urile 1934/1...8-72 şi 9412-73.

Pentru ca amestecurile de formare să aibă proprietăţile corespunzătoare, ele se supun preparării după un anumit proces tehnologic.

a - Nisipuri de turnătorie. Ca materie primă în amestecurile de formare se folosesc de regulă nisipurile naturale, formate din granule de cuarţ (SiO_2) şi cantităţi variabile de argilă care joacă rol de liant, formînd cu apa adăugată o pastă, capabilă să lege între ele granulele de nisip cuarţos. Neglijînd deocamdată celelalte adaosuri speciale, se poate admite drept schemă structurală a unui amestec de formare, schema reprezentată în figura 8.4. Granulele de nisip (1) sînt înconjurate de învelişuri subţiri de argilă umedă (2). Argila umezită devine lipicioasă aderînd la granula de cuarţ, granulele formînd scheletul amestecului de formare. Spaţiile (3) dintre granule determină gradul de permeabilitate la gaze a nisipului sau amestecului de formare.

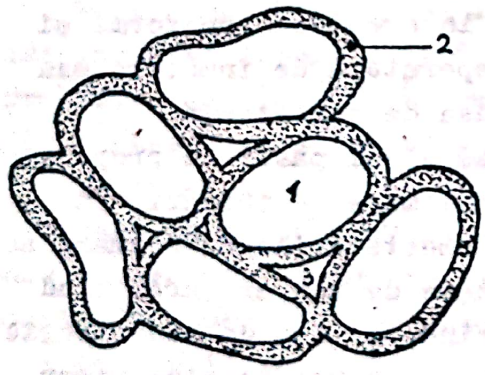


Fig.8.4. Structura marco a unui nisip de turnătorie

In nisipurile naturale, conţinutul de argilă variază între 2 - 50 %. Nisipul cu mai puţin de 2 % argilă, se numeşte cuarţos. In funcţie de conţinutul în argilă, nisipurile pentru turnătorie se clasifică în următoarele grupe: - nisip slab cu 2 - 10 % argilă; - nisip semigras cu 10 - 20 % argilă;

- nisip gras cu 20 - 30 % argilă; - nisip foarte gras cu 30-50% argilă. La noi în ţară, nisipurile de turnătorie sînt prevăzute în STAS 5609-73.

In stare naturală nisipurile au o granulaţie variabilă între 0,5 - 1,0 mm la nisipuri grosolane şi 0,06 - 0,16 mm la nisipuri fine. Sub 0,06 mm nisipurile intră în categoria pulberilor.

Cea mai bună refractaritate o au nisipurile cuarţoase fiind folosite astfel la confecţionarea miezurilor destinate turnării fontei şi oţelului. In R.S.R. asemenea nisipuri se găsesc la Vălenii de Munte, Sarmisegetuza, Aghireş, Miorcani.

Nisipurile semigrase şi slabe folosite la turnarea oţelului şi fontei se exploatează la Vadul Crişului, Corneşti, Bouţari etc. Nisipurile grase şi foarte grase se găsesc la Basarabi, Araci etc.

b - Lianţii

Sînt utilizaţi la confecţionarea amestecului de formare fie de provenienţă naturală şi reprezintă materiale minerale neprelucrate şi care însoţesc nisipul extras din carieră, fie de provenienţă artificială, în care caz se utilizează componente secundare din diverse industrii (a petrolului, chimiei, zahărului, celulozei)sau produse obţinute prin sinteză (bachelita).

Lianţii naturali folosiţi la prepararea amestecurilor de formare sînt:

- argila, un silicat de aluminiu, în turnătorie folosindu-se deobicei argilă cu peste 50 % Al_2O_3. La noi în ţară argilă de turnătorie se extrage de la Medgidia, Geambacu, Banlaca etc.

- bentonita este o variantă de argilă foarte fină, lipicioasă, rezultată prin transformarea chimică a cenuşilor vulcanice. In contact cu apa se umflă, formînd un gel coloidal. Utilizarea bentonitelor se limitează la confecţionarea formelor crude deoarece prin uscare îşi pierd calitatea de liant. La noi în ţară se extrage bentonită de la Gura Sada (Hunedoara), Rugi (Banat) şi Valea Chioarului (Maramureş).

Lianţii artificiali se folosesc mai ales pentru prepararea amestecurilor de miez. Prin adăugarea de lianţi în amestecul de miez, trebuie ţinut cont de faptul că acesta este înconjurat din toate părţile de metalul topit şi prin urmare miezurile trebuie să satisfacă la condiţii de permeabilitate la gaze, compresibilitate, refractaritate, rezistenţă mecanică etc.

Scanned with OKEN Scanner

Dintre lianţii artificiali deosebim:

- uleiurile şi grăsimile, care la 150 - 180°C deja în timpul uscării miezurilor, se oxidează, formînd un strat fin care leagă grăunţii. Se folosesc uleiuri sicative de in, mai utilizat fiind cel de in care arzînd complet în procesul de turnare rezolvă şi dezbaterea uşoară a miezurilor din piesa turnată.

- colofoniu, produs al distilării răşinilor de conifere, se adaugă în cantitate de 5 - 6 %, efectul de legare a grăunţilor fiind asigurat prin topirea colofoniului la uscarea miezului.

- gudronul de lemn sau turbă, tinde să înlocuiască uleiurile vegetale mai scumpe.

- dextrina, produs obţinut prin prăjirea amidonului extras din cartofi şi porumb. Se adaugă în proporţie de 3 - 4 %.

- melasa - reziduu de la fabricarea zahărului. Se adaugă în proporţie de 3 - 4 % în miezurile pentru turnarea oţelului.

- leşia sulfitică, este un rezidiu de la fabricarea celulozei. Se adaugă în cantitate de 3 - 4 % împreună cu 3 - 4 % argilă. Pentru a nu adera amestecul de miez cu leşie sulfitică la suprafaţa cutiei de miez, aceasta se unge în prealabil cu ulei de in, petrol sau ţiţei.

La confecţionarea miezurilor se mai utilizează şi alţi lianţi, printre care amintim şi cimentul.

c - <u>Adaosuri pentru amestecurile de formare</u>

In afară de materialele de bază care intră în compoziţia amestecului (nisip şi lianţi), în scopul îmbunătăţirii amestecurilor de formare ca şi a evitării aderării acestora la suprafaţa pieselor turnate, se mai utilizează diverse adaosuri cum sînt:

- <u>Adaosuri pentru mărirea rezistenţei mecanice şi plasticităţii.</u> In această categorie intră dextrina, melasa, leşia sulfitică, făină de secară, cartofi etc., care fiind mai scumpe se folosesc numai pentru <u>amestecurile de model</u>.

- <u>Adaosuri pentru mărirea compresivităţii,</u> în care intră: rumeguşul de lemn, turba, pleava, materiale în alcătuirea amestecurilor de formare dar şi a miezurilor. Ele afînează amestecurile preîntîmpinînd apariţia tensiunilor interne în piese care evită crăparea lor.

- <u>Adaosuri pentru evitarea aderenţilor</u>. Pentru evitarea diverselor tipuri de aderenţă a amestecului la suprafaţa pieselor, se prevăd următoarele adaosuri: - pentru evitarea aderenţei me-

canice, termice, chimice, se recomandă utilizarea cărbunilor de pămînt măcinaţi fin, smoală de cărbune, pudră, ţiţei, pudră de protecţie, vopsele. Menţionăm că în componenţa amestecurilor de formare în afara componentelor amintite şi prezentate, mai intră şi amestecul reutilizat.

Amestecul reutilizat provenit din formele după turnare şi dezbatere după o preparare prealabilă, se introduce în proporţie de 30 - 70 % în amestecul de formare, în funcţie de condiţiile prescrise a acestuia.

In ce priveşte amestecurile pentru miezuri, acestea se utilizează numai o singură dată, neputîndu-se regenera.

Clasificarea amestecurilor pentru formare se face după următoarele criterii:

- după metalul care se toarnă: amestec de formare pentru oţel; amestec de formare pentru fontă şi amestec de formare pentru metale neferoase;
- după partea din formă în care amestecul este întrebuinţat, deosebim: amestec de model, amestec de umplere, amestec de miezuri, amestec unic.

Amestecul de model se utilizează pentru executarea acelei părţi din formă care vine în contact cu pereţii piesei şi reprezintă 15 - 20 % din cantitatea de amestec folosită la umplerea ramei de formare. Acest amestec trebuie să posede calităţi superioare întrucît vine direct în contact cu metalul topit.

Amestecul de umplere se întrebuinţează pentru completarea ramei peste amestecul de model şi care au proprietăţi mai puţin severe ca amestecul de model.

Amestecul unic se foloseşte la formarea mecanică, servind atît pentru calitatea de amestec de model cît şi amestec de umplutură.

Amestecurile pentru miezuri trebuie să aibă proprietăţi superioare celui de model, fiind înconjurat de metal din toate părţile.

La noi în ţară amestecurile materiale şi amestecurile de formare sînt standardizate în următoarele STAS-uri:

- STAS 5608-73 - materiale pentru turnătorie, argile pentru turnătorie;
- STAS 5609-73 - nisipuri pentru turnătorie;
- STAS 3625-75 - nisip normal pentru încercarea lianţilor folosiţi în turnătorii;

Scanned with OKEN Scanner

- STAS 1934/1...8-72 - nisip pentru turnătorie. Metode de analiză şi încercări;

- STAS 3624-74 - bentonite pentru turnătorie. Condiţii tehnice generale de calitate.

B - Prepararea amestecurilor de formare şi pentru miezuri

In turnătoriile moderne, amestecurile pentru forme şi miezuri se prepară într-o secţie separată pe instalaţii complexe cu execuţie automată a operaţiunilor procesului tehnologic, inclusiv de regenerare a amestecului de formare utilizat. Schema de principiu a instalaţiei se prezintă în figura 8.5.

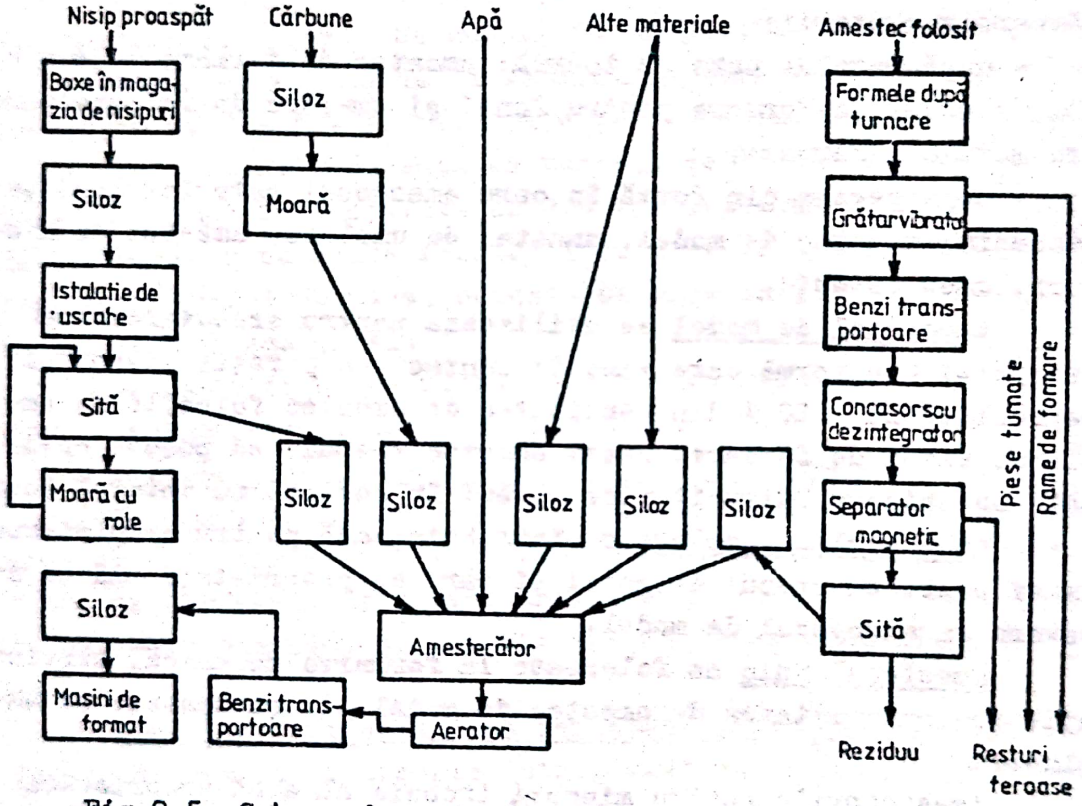


Fig.8.5. Schema de principiu a instalaţiei de preparare a amestecurilor de formare

Operaţia de preparare a amestecurilor de formare constă în învelirea granulelor de cuarţ cu o peliculă omogenă de liant umezit cu apă. Diversele tipuri de maşini utilizate realizează această operaţie în timp scurt, neprovocînd aglomerări sau lipirea amestecului în bulgări.

6 - Utilajele folosite pentru prepararea amestecurilor de formare şi de miez

Conform schemei din figura 8.5, maşinile şi utilajele uti-

lizate sînt asemănătoare cu cele folosite de la prepararea minereului. In acest sens amintim: cuptoarele de uscare; cuptoare de uscare verticals polietajate, site şi ciururi, concasoare, mori, dezintegratoare, separatoare magnetice.

Pentru prepararea amestecului de formare, de mare importanţă sînt amestecătoarele care pot fi cu tambur rotativ, orizontale cu palete elicoidale, amestecătoare verticale şi cu tăvălugi, amestecătoare cu role pendulare etc.

Dintre amestecătoarele importante amintim:

- amestecătorul orizontal cu palete este un utilaj de construcţie simplă, a cărui schemă se vede în figura 8.6.

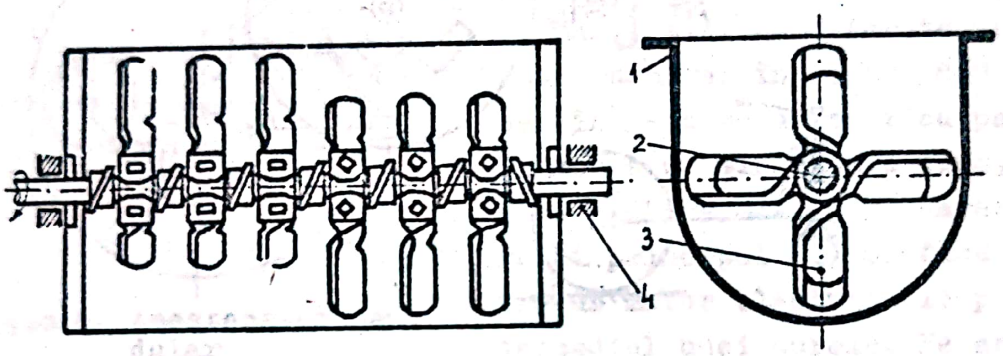


Fig.8.6. Amestecător orizontal cu palete.
1-carcasă; 2-ax orizontal; 3-palete;
4-lagăr de susţinere

In timpul rotirii axului nisipul cu liantul şi apa sînt amestecate şi împinse spre capătul recipientului, amestecarea fiind realizată prin frec-area între palete şi pereţii vasului.

- amestecător cu tăvălugi a cărui schemă de principiu se vede în figura 8.7, constă din următoarele elemente: un recipient cilindric (1) prin centrul căruia trece arborele vertical (2); de arbors, prin intermediul pîrghiilor rigide (3 şi 4) şi al pîrghiilor articulate (5), sînt fixate axele de rotire (6) în jurul axului (2). Pe axele (6) sînt fixate tăvălugii (7) de rostogolire, care strivesc bulgării şi efectuează operaţiunea de amestecare. Pe pîrghiile (4) sînt fixate două pluguri (8 şi 9) dintre care primul împinge amestecul spre perete iar celălalt îl adună, împingîndu-l sub tăvălugii (7). Utilajul este acţionat de un motor electric (10) prin intermediul reductorului (11) şi a roţilor dinţate conice (12). Tăvălugii nu se reazimă direct pe fundul recipientului, ei sînt ridicaţi la 20-25 mm deasupra acestuia cu ajutorul pîrghiei (13) şi a şurubului (14), pentru a se evita sfărîmarea granulelor de cuarţ.

Evacuarea amestecului omogenizat din amestecător se face prin orificiile (15).

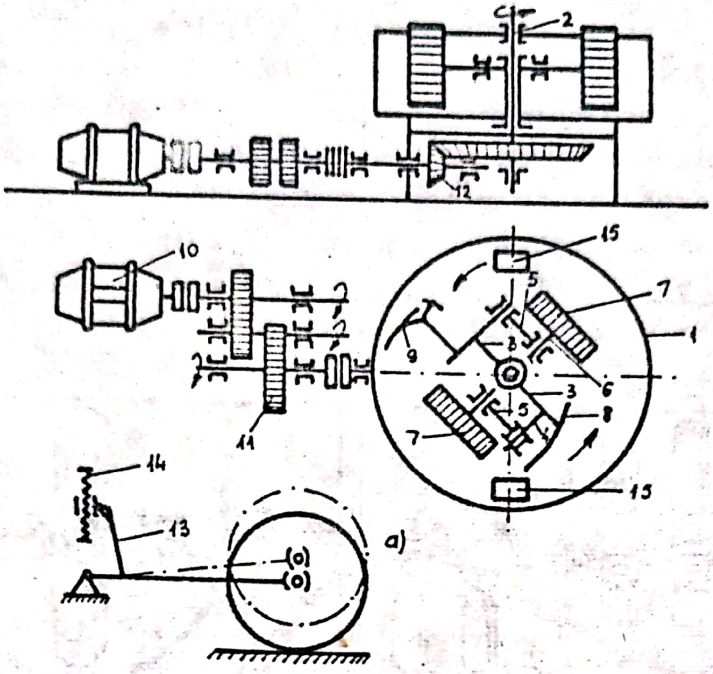


Fig.8.7. Amestecător cu tăvălugi

Procesul de amestecare se produce datorită alunecării tăvălugilor faţă de fundul recipientului, cînd datorită alunecării, are loc fenomenul de frotare (frămîntare). In afară de fenomenul de frotare, se produce totodată sfărîmarea bulgărilor de amestec şi o îndesare a amestecului formată de o afînare exécutată de pluguri.

- amestecătorul pendular (centrifugal), a cărui schemă de principiu se dă în figura 8.8, cuprinde următoarele elemente: pe axul vertical (1) prin intermediul braţelor fixe (2) şi al axelor oscilante (3), sînt prinşi doi tăvălugi (4), care spre deosebire de amestecătoarele obişnuite, au axele verticale. De braţele fixe (2) sînt prinse şi două pluguri (5) în aşa fel construite încît aruncă amestecul în sus sub tăvălug. Amestecul este sfărîmat între tăvălugii acoperiţi cu un strat gros de cauciuc şi peretele interior al cuvei (6), căptuşit şi el cu cauciuc. Datorită faptului că axul vertical (1) are o turaţie mai mare decît amestecătorul cu tăvălugi, în acest caz se produce o mare forţă centrifugă de apăsare a tăvălugilor spre peretele cuvei. Datorită forţelor de frecare care se nasc, gra-

nulele de nisip se rotesc şi se înfăşoară cu o peliculă de liant umed.

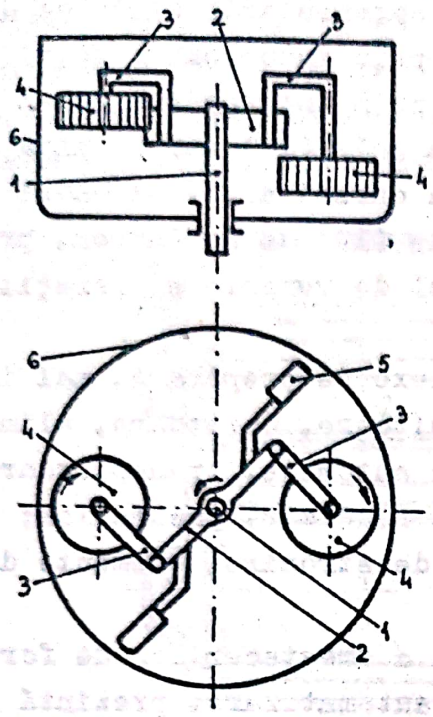


Fig.8.8. Amestecator pendular

Amestecătoarele pendulare sînt de mare productivitate, amestecarea avînd loc în 80 - 120 sec. Ele ocupă un spaţiu mic şi funcţionează timp îndelungat fără reparaţii, organele de uzură fiind căptuşelile de cauciuc.

- Aeratoarele sînt agregate pentru afînarea amestecurilor de formare, sînt de diferite tipuri constructive, în figura 8.9 reprezentîndu-se un aerator cu palete şi vergele. Elementele funcţionale sînt următoarele: acţionarea arborelui principal (2) se face de către un motor electric (1) prin intermediul unei curele. Pe arbore sînt montate paletele (3) care proiectează amestecul introdus prin pîlnia (4) peste sistemul de vergele verticale (5).

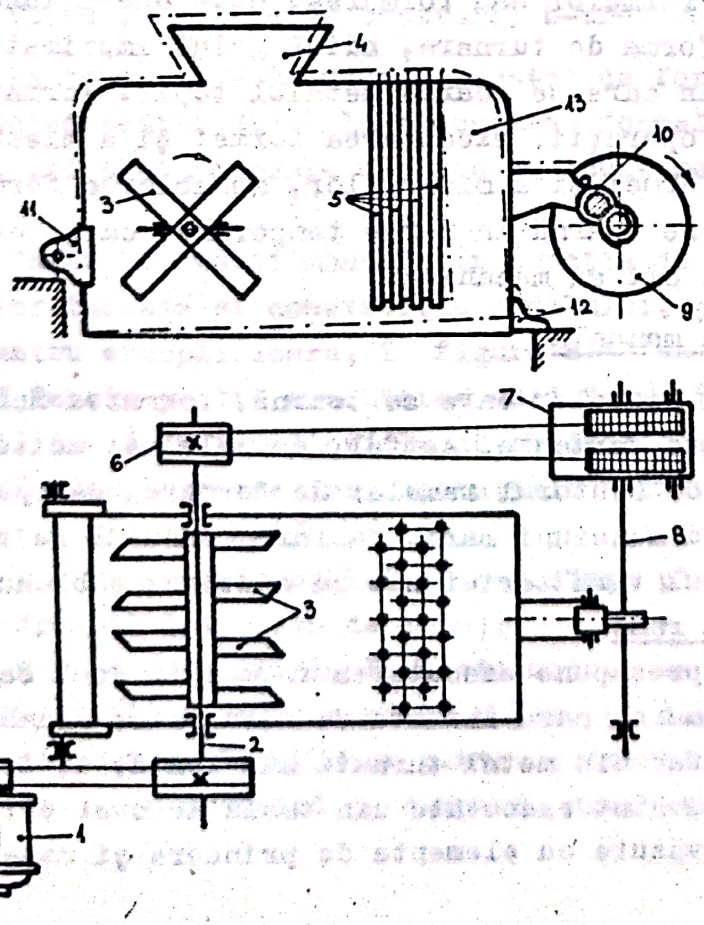


Fig.8.9. Aerator cu palete şi vergele

Amestecul se afînează trecînd printre vergelele care vibrează, cînd o parte din nisip rămîne lipit cu liant iar o parte cade. Pentru desprinderea nisipului întreaga carcasă articulată de axul (11) este periodic ridicată în sus prin intermediul roţii (6), reductorul planetar (7) precum şi prin intermediul camei (9) fixată rigid pe axul 8. Cama ridică rola (10) iar aceasta la rîndu-i ridică maşina. La terminarea cursei active a camei carcasa scapă şi se izbeşte cu colţarele (12) de un tampon, provocîndu-se un şoc care desprinde nisipul de vergele şi pereţii carcasei.

In componenţa instalaţiilor complexe de preparare, mai intră şi alte elemente cum sînt: desprăfuitoare, dozatoare, alimentatoare volumetrice, cîntare şi balanţe automate, transportoare cu benzi, cu cupe, elicoidale, în strat fludizat, pneumatice; silozuri, buncăre, dozatoare şi capete de stropire, elemente de automatizare etc.

Instalaţiile moderne de preparare a amestecurilor de formare au un înalt grad de mecanizare şi automatizare, prezintă o mare productivitate.

8.3. Confecţionarea formelor temporare

Confecţionarea formelor sau formarea, este operaţiunea prin care se obţine forma de turnare, adică golul imprimat în amestecul de formare în care se toarnă metalul topit. Formarea comportă următoarele operaţii: executarea formei şi a miezurilor, vopsirea şi uscarea formei şi a miezurilor, asamblarea formelor. Majoritatea pieselor se toarnă în forme temporare, care pot fi executate atît manual cît şi mecanizat.

8.3.1. Formarea manuală

După specificul pieselor care se toarnă, formarea manuală se execută în mai multe variante. Astfel, de cele mai multe ori se practică formarea cu ajutorul ramelor de formare, dar pentru piesele simple şi de dimensiuni mari, formarea manuală se poate face şi direct în solul turnătoriei sau cu ajutorul şablonului.

a - Formarea în rame

Această metodă presupune executarea formei în două sau mai multe rame de formare, care înainte de turnare se asamblează. Ramele de formare se fac din metal turnate din fontă, oţel, aliaje de aluminiu, sau sînt executate din tablă de oţel prin sudură. Ramele sînt prevăzute cu elemente de prindere şi manevrare

iar pentru ghidare sînt prevăzute cu proeminenţe bucşe de ghidare, tije de ghidare. Deobicei, formele se execută din două rame de formare dar pentru piesele de formă complexă cu mai multe suprafeţe de separaţie, pot fi folosite garnituri din 3 sau mai multe rame. In figurile 8.10-a şi b, se prezintă spre exemplificare, garnituri din două şi trei rame. Ramele de formare sînt standardizate în STAS 2890-69.

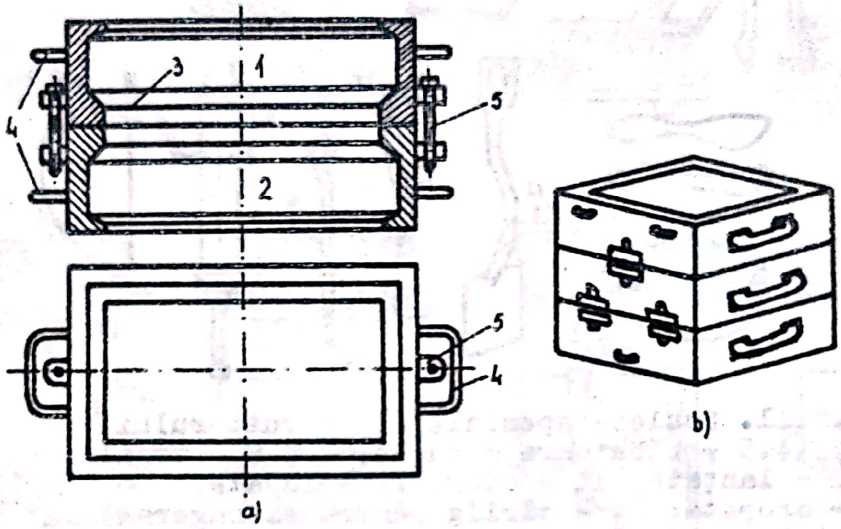


Fig.8.10. Garnitură de rame de formare.
a-două rame; 1-rama superioară; 2-ramă inferioară;
3-nervuri; 4-mînere; 5-dispozitiv de ghidare
(urechi cu tije de centrare) b-trei rame

In afară de rame,model, amestec de formare, cutie de miez şi amestec pentru miez, la executarea formelor prin metoda manuală, mai sînt necesare o serie de scule reprezentate în figura 8.11.

Metoda formării manuale în funcţie de complexitatea formei, pieselor turnate şi construcţia modelului, prezintă multe variante. Pentru exemplificare, în figura 8.12 se dau în succesiunea logică fazele pentru executarea unei forme în două rame, metodă des utilizată în turnătoriile cu producţie mecanizată.

In desfăşurarea lor, operaţiile formării şi fazele de lucru se pot enumera astfel:

1 - Se aşează modelul cu suprafaţa plană fără ştifturi pe placa dreaptă (planşetă de lemn);

2 - Pe aceeaşi placă, peste model, se aşează rama inferioară fără ştifturi, cu urechile în jos, şi după ce se pudrează modelul cu praf de licopodium pentru evitarea lipirii amestecului de model, se procedează la cernerea unui amestec într-un strat

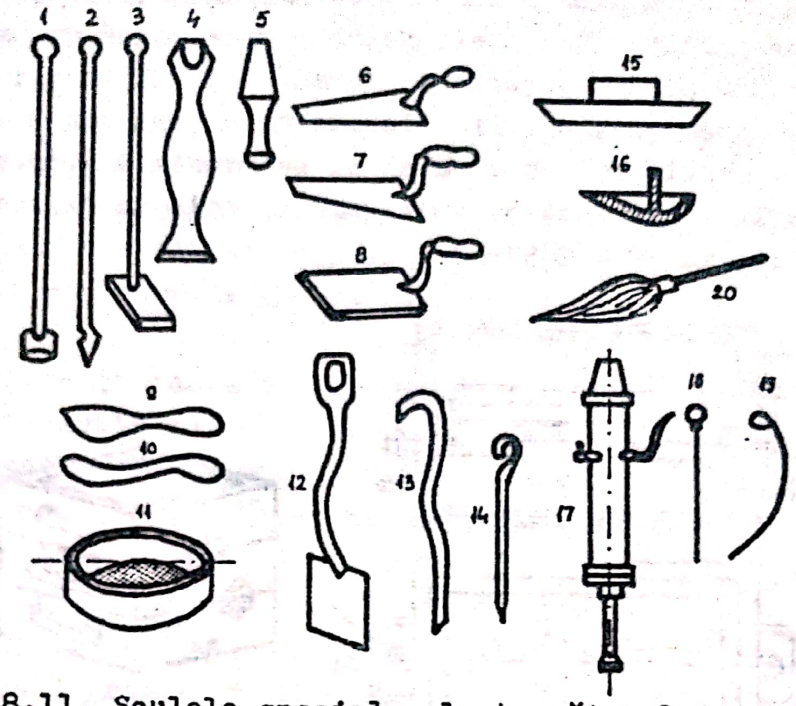


Fig.8.11. Sculele speciale ale turnătorului.
1,2,3,4,5 - bătătoare manuale; 6.7.8 - troile;
9,10 - lanţete; 11 - ciur; 12 - lopată;
13 - croşetă; 14 - cîrlig pentru extragerea modelelor; 15,16 - netezitoare; 17 - bătător pneumatic; 18,19 - ace pentru aerisire;
20 - pensulă

de 10 - 15 mm, amestecul de model, care se îndeasă cu mîna peste model.

3 - Peste amestecul de model se introduce cu lopata amestec de umplutură.

4 - Cu bătătorul de mînă se începe de la margini spre centru îndesarea prin bătătorire cu partea lui ascuţită, cu partea lată bătătorindu-se numai ultimul strat care umple definitiv rama.

5 - Surplusul de amestec se îndepărtează prin radere cu o riglă.

6 - Se execută canalele de aerisire prin înţeparea cu un ac de oţel de diametru 3-5 mm.

7 - Forma astfel pregătită se întoarce cu 180° împreună cu planşeta.

8 - Se îndepărtează planşeta, se netezeşte bine amestecul din jurul modelului şi se presară nisip uscat în planul de separaţie, nisip care împiedică lipirea amestecului din rama inferioară cu cel din rama superioară.

9 - Modelul se curăţă de nisip prin suflare.

10 - Cu ajutorul tijelor de ghidare se aşează peste rama inferioară, rama superioară şi se pudrează modelul cu praf de izolaţie.

11 - Se aşează piciorul de turnare şi eventual maselotele, după care se introduce amestec de model care se îndeasă cu mîna.

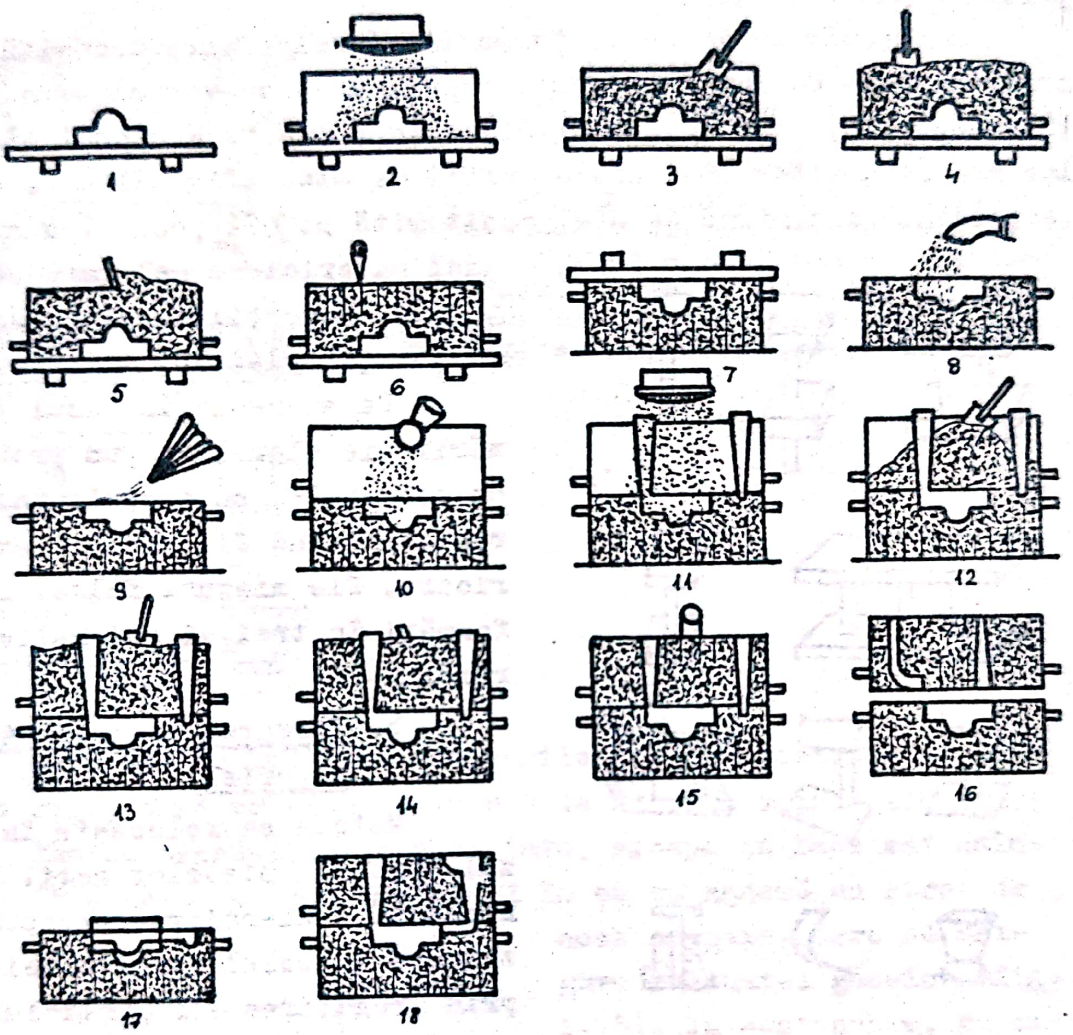


Fig.8.12. Fazele formării manuale în două rame

12 - Forma superioară se completează cu amestec şi se îndeasă ca la rama inferioară.

13 - Amestecul introdus se îndeasă prin batere uniformă în straturi succesive, după metodica de la rama inferioară.

14 - Surplusul se îndepărtează prin radere cu rigla.

15 - Cu ajutorul troilei se execută prin scobire pîlnia de turnare, apoi se scoate cu atenţie modelul piciorului de turnare şi al maselotelor şi se înţeapă canalele de aerisire.

16 - Se pune deasupra planşeta de lemn ridicîndu-se rama superioară care se întoarce la 180° cu tot cu planşetă.

17 - In forma inferioară se taie canalele de alimentare care leagă piciorul prin intermediul colectorului de zgură.

18 - După ce se umezeşte amestecul în jurul modelului se procedează la demulare şi apoi la asamblarea formei. Asamblarea se face prin aşezarea ramei superioare peste cea inferioară,consolidîndu-se cu ajutorul bridelor sau prin încărcarea ramei superioare cu greutăţi.

Menţionăm că în cazul formării pieselor care necesită miezuri, înainte de montarea ramei superioare, se vor monta mai întîi miezurile, care se consolidează în formă cu ajutorul mărcilor sau suporţilor de miez. Suporţii de miez (fig.8.13) se confecţionează din sîrmă de oţel cositorită pe cît posibil din acelaşi material cu cel care se toarnă. Suporţii de miez rămîn în pereţii pieselor turnate.

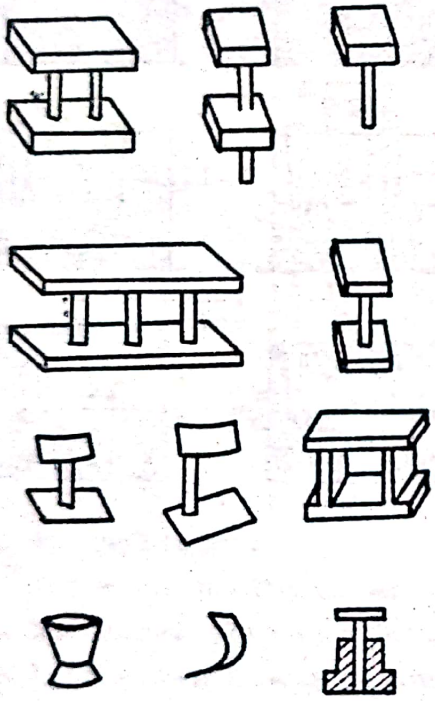


Fig.8.13. Suporţi de miez

De asemeni, în cazul formării pieselor care pun probleme deosebite, se execută formarea utilizînd fie miezuri exterioare, fie miezuri false, fie formări în trei şi mai multe rame.

b. <u>Formarea în solul turnătoriei</u>

Metoda se foloseşte în cazul turnării pieselor mari. Ea necesită o amenajare corespunzătoare în solul turnătoriei prin pregătirea aşa numitului pat de formare, care să asigure baza de susţinere a piesei dar şi permeabilitatea la gaze în procesul de turnare.

Pentru formarea pieselor de înălţime mică se foloseşte patul afînat (moale) iar pentru piesele înalte un pat tare.

Pregătirea patului se face în mai multe faze, conform schemei din figura 8.14. Pregătirea patului moale începe cu săparea unei gropi de cca 200 mm în sol (ceva mai mare decît înălţimea modelului, în care se aşează două scînduri delimitatoare (1 şi 2), figura 8.14-a. Cu ajutorul unei nivele cu apă

şi al unei riglete, se asigură orizontalitatea scîndurilor, figura 8.14-b, consolidîndu-se cu nisip, fig.8.14-c. In continuare groapa se umple cu amestec de umplutură şi se rade cu o riglă. Se aşează pe scîndurile delimitatoare două adaosuri notate cu (4) în figura 8.14-b şi se umple spaţiul dintre ele cu amestec de model, care se netezeşte cu rigla (3), fig.8.14-d.

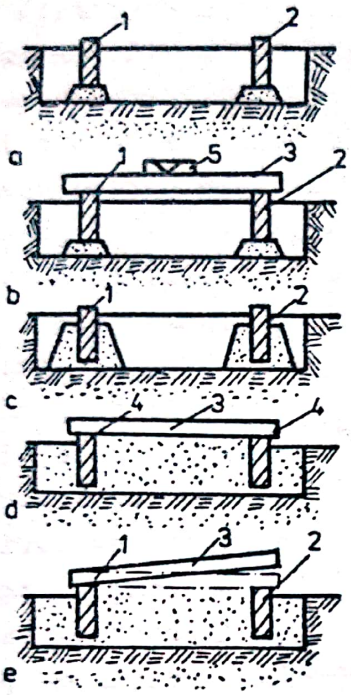


Fig.8.14. Pregătirea unui pat moale. 1,2-scînduri delimitatoare; 3-rigletă; 4-adaosuri; a - aşezarea scîndurilor delimitatoare în groapă; b,c - reglarea înălţimii delimitatoare pentru asigurarea suprafeţei orizontale; d - umplerea cu amestec de umplutură la orizontală; e - îndesarea amestecului de model şi îndepărtarea rigletei orizontale.

In final se înlătură adaosurile (4) şi amestecul se apasă cu rigla pînă se ajunge din nou la nivelul scîndurilor.

Pentru pregătirea patului tare, groapa se face mai adîncă decît modelul cu 300-400 mm şi în ea se aşează un strat de cocs cu paie, care să asigure evacuarea gazelor (fig. 8.15). In continuare, se introduce amestecul de umplutură care se bătătoreşte în straturi alternative de 50-75 mm. Lateral se aşează ţevi de aerisire, care fac legătura între stratul de cocs şi atmosferă. Cînd adîncimea gropii a ajuns sub înălţimea modelului, acesta se umple cu amestec de model şi se bătătoreşte pînă la 100 mm de la nivelul solului, apoi se montează scîndurile de delimitare ca la patul moale şi se continuă formarea. In pat se dau, de asemenea, canale pentru aerisire.

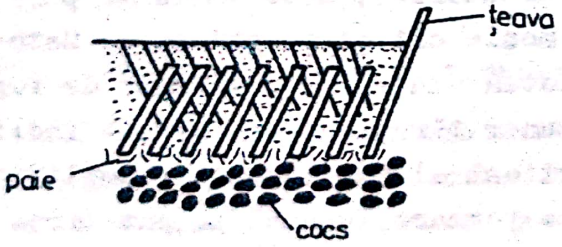


Fig.8.15. Pat tare

Formarea în solul turnătoriei cu model, cunoaşte două variante: închisă şi deschisă.

Formarea deschisă în solul turnătoriei, este formarea la care partea superioară a formei este în contact cu atmosfera, cînd cavitatea formei se execută prin imprimarea modelului în patul moale prin lovituri uşoare de ciocan prin intermediul unei scînduri. Metoda se aplică pentru piese simple, cu suprafaţă plană superioară şi care nu reclamă precizie deosebită. Orizontalitatea se verifică cu ajutorul nivelei cu apă. Turnarea metalului se face prin pîlnii şi canale de alimentare amplasate lateral cavităţii pentru a evita spălarea formei. In partea opusă canalului de alimentare, se taie un canal suplimentar în care adunîndu-se surplusul de metal se marchează sfîrşitul turnării. O formă deschisă în solul turnătoriei se dă în figura 8.16.

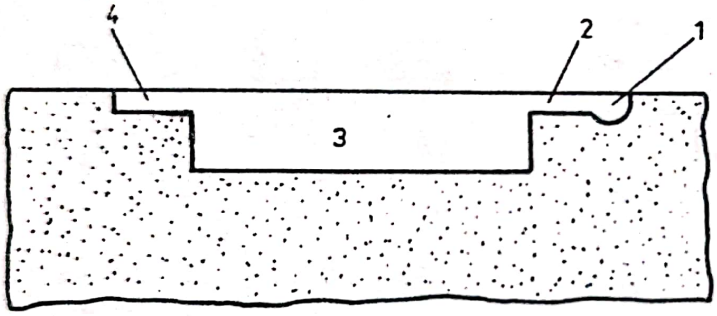


Fig.8.16. Formă deschisă în solul turnătoriei
1-pîlnia de alimentare; 2-canal de alimentare; 3-formă propriu-zisă; 4-canal suplimentar

Dezavantajul turnării în forme deschise este că partea superioară a piesei se durifică şi conţine zgură şi impurităţi care în condiţii de planeitate cerute piesei este nevoie de o prelucrare ulterioară de aşchiere prin rabotare.

Formarea închisă în solul turnătoriei, este varianta perfecţionată executată atît pe pat moale cît şi pe pat tare. Metoda presupune aşezarea peste cavitatea din sol a unei rame de formare care se fixează cu ajutorul unor ţăruşi în sol bătuţi înclinat şi nu paralel cu peretele vertical al ramei. Spre exemplificare, în figura 8.17 se prezintă o formare închisă pe pat tare. Procesul tehnologic decurge după cum urmează: se pune în ramă amestec de formare, se bătătoreşte şi se practică orificiile de ventilaţie; - se ridică rama dintre ţăruşi; - se extrag modelele din formă şi din ramă; - se pudrează forma cu pudră refractară; - dacă piesa are şi goluri interioare, în locurile indicate se montează miezul; - se închide din nou forma prin aşezarea ramei şi se consolidează cu greutăţi în vederea turnării.

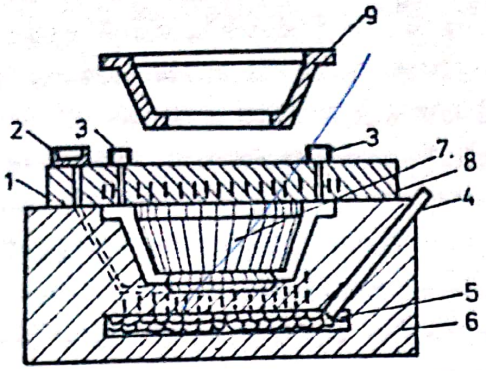


Fig.8.17. Formarea închisă în solul turnătoriei.

1-ramă de formare; 2-pîlnie de turnare; 3-formă pentru maselotă; 4-ţeavă pentru evacuarea gazelor şi asrului; 5-strat de cocs; 6-pat de formare; 7-miez; 8-formă; 9-piesă turnată

c- Formarea cu şablonul

In producţia individuală de piese mari cu formă de revoluţie, mai avantajoasă este formarea cu şablonul, la care cavitatea formei se practică nu cu modelele ci cu ajutorul unor scînduri sau table profilate numite şabloane. Dispozitivul folosit pentru formarea cu şablonul este reprezentat în figura 8.18 şi constă din suportul (1), axul (2), braţul port-şablon (3) şi şablonul (4).

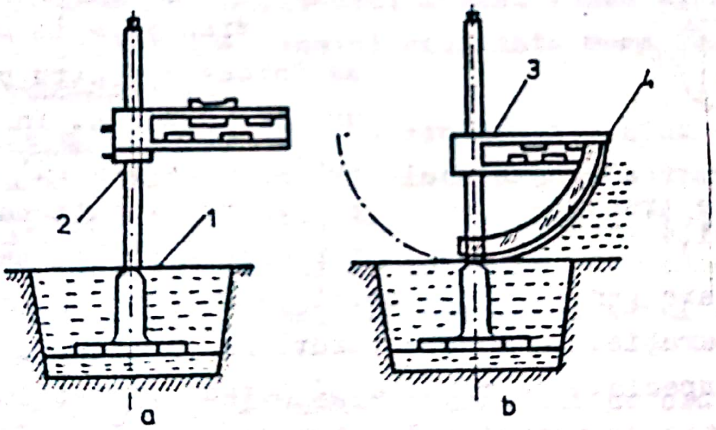


Fig.8.18. Dispozitiv pentru formarea cu şablon

In figura 8.19 se arată pentru exemplificare schematic formarea unei roţi de transmisie (1) cu două şabloane.

In acest scop, într-o groapă din solul turnătoriei se aşează suportul (5) împreună cu axul (4), apoi se introduce în groapă amestec de formare. Pe axul (4) printr-un inel de fixare se prinde braţul şablonului (2) cu care se execută o cavitate în sclul turnătoriei. Se îndepărtează apoi şablonul cu braţul şi inelul de fixare şi se introduce jumătatea superioară a modelului butucului. Se aşează a doua jumătate a butului (9) cu marca (10), după care se aşează rama superioară (6), care se fixează după metoda formării în sol închisă. Se aşează mo-

delele pentru piciorul reţelei de turnare, maselote etc., se introduce apoi amestecul de formare care se îndeasă, după care se ridică partea superioară a formei şi se îndepărtează modelele butucului. Se introduce din nou axul cu inelul de fixare şi se montează şablonul (3) cu care se execută cavitatea inferioară a formei.

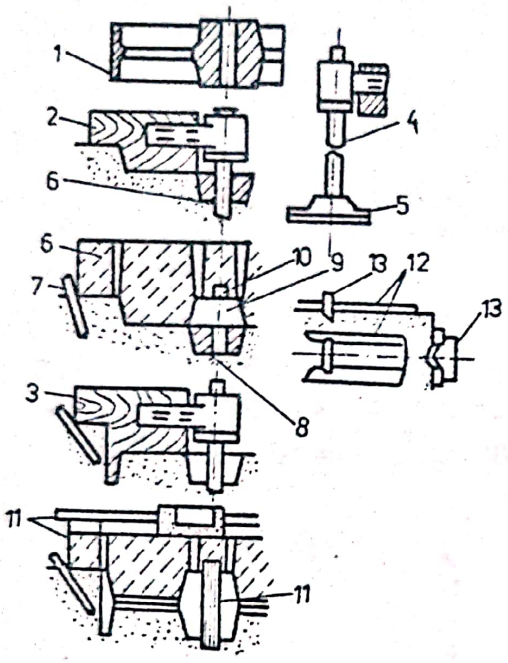


Fig.8.19. Formarea cu şablonul a unei roţi de transmisie cu spiţe

După îndepărtarea şablonului se procedează la trasarea spiţelor cu ajutorul unui şablon de translaţie (13) care glisează pe riglele de lemn (12).

In final se execută operaţiile de finisare, se montează miezul (11) şi se închide forma. Pentru evitarea scurgerilor de metal deasupra formei se pun greutăţile (14), după care se execută turnarea.

d - <u>Formarea în miezuri</u>

Miezurile în mod obişnuit se folosesc pentru obţinerea găurilor în piese. In unele cazuri însă, miezurile pot fi folosite şi pentru executarea formei exterioare a piesei sau a unor detalii exterioare pentru piese complicate, care nu admit un plan simplu de separaţie. In aceste cazuri se execută miezurile separat în cutii speciale de miez, după metoda confecţionării miezurilor, după care se asamblează, obţinîndu-se forma de turnare.

Asamblarea miezurilor cunoaşte următoarele variante:

- formele-miezuri se asamblează fără rame exterioare, consolidîndu-se printr-un sistem de strîngere;
- forma se asamblează într-o ramă specială prelucrată în interior la configuraţia exterioară a miezului;
- miezurile se aşează în rame de formare iar în jurul lor se bate amestec de formare.

Acest procedeu are un preţ de cost mai ridicat decît formarea obişnuită, utilizînd amestecuri de miez şi lianţi organici. Cu toate acestea, folosirea metodei este justificată de faptul că asigură o calitate superioară a pieselor turnate iar permeabilitatea bună a miezului evită apariţia suflurilor în piese.

8.3.2. Formarea mecanizată (mecanică) este bun

La acest procedeu, formarea se execută cu ajutorul maşinilor de format care pot mecaniza total sau parţial operaţiile de îndesare a amestecului în forme şi scoaterea modelului din forme. Metoda se aplică în cazul turnării cu producţie de piese de serie mare şi foarte mare.

Faţă de formarea manuală, formarea mecanizată prezintă următoarele avantaje: - productivitate ridicată; precizie mare a pieselor cu micşorarea adaosului de prelucrare; extragerea modelului mecanizată nu deteriorează forma; se reduce suprafaţa necesară formării; scade preţul de cost al pieselor turnate; se îmbunătăţesc condiţiile de muncă; se poate lucra cu muncitori mai puţin calificaţi.

La formarea mecanică se utilizează plăcile de model pe care sînt fixate modelele metalice şi elementele reţelei de turnare.

Maşinile pentru formare mecanică se clasifică după următoarele criterii:

1 - după modul de acţionare: maşini manuale; maşini pneumatice; maşini hidraulice, maşini acţionate mecanic, maşini acţionate electromagnetic.

— Maşinile manuale pe cale de dispariţie, sînt acţionate de forţa musculară şi au o productivitate scăzută.

— Maşinile pneumatice sînt cele mai răspîndite, simple, robuste, uşor de manevrat, prezintă îndesare satisfăcătoare, productivitate ridicată; în plus, în turnătorie aerul evacuat împrospătează atmosfera.

— Maşini hidraulice lucrează la presiuni de ordinul 50 daN/cm^2, sînt mai compacte. In general, instalaţia este mai complicată datorită etanşărilor şi sînt mai rar folosite.

— Maşinile mecanice folosite destul de rar, lucrează prin scuturare sau presare şi sînt acţionate de un electromotor sau de o transmisie.

— Maşini electromagnetice se folosesc la îndesarea prin presare, au o răspîndire redusă, dar datorită simplităţii în funcţionare şi consumului redus de energie, au perspectivă în viitor.

— 2 - după modul de extragere a modelelor, deosebim: maşini la care forma se ridică de pe placa de model; maşini cu mecanism de extragere pieptene; maşină cu masă rotativă; maşini cu

placă sau masă basculantă rabatabilă.

— Maşini la care forma se ridică de pe placa de model
Schema de principiu a funcţionării se vede în fig.8.20.

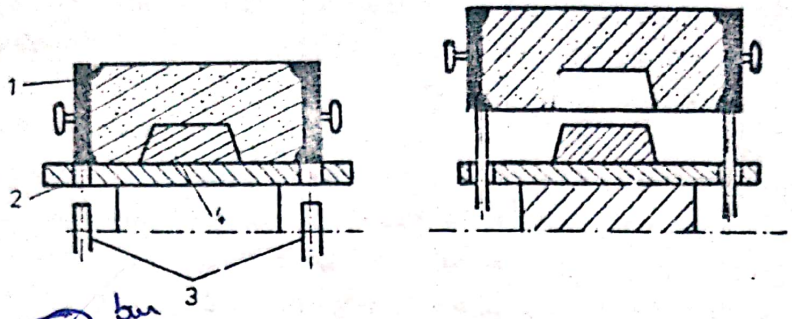


Fig.8.20. Schema sistemului de ridicare a ramei de pe placă

Rama de formare (1) este aşezată pe placa de model (2) cu amestec îndesat şi susţinută de patru ştifturi (3) aşezate la colţuri. Stifturile ridică rama iar modelul cu placa rămîn pe loc. Pentru ridicare placa are găuri sau decupări la colţuri, ştifturile sînt deplasate cu ajutorul unui mecanism simplu (cremalieră, pîrghie, cilindru pneumatic etc).

— Maşini cu mecanisme de extragere pieptene - Aceste maşini se folosesc în cazul cînd trebuie evitată ruperea unor proeminenţe înguste şi înalte din formă. Schema unei astfel de maşini se dă în figura 8.21, la care pieptenele face parte din placa

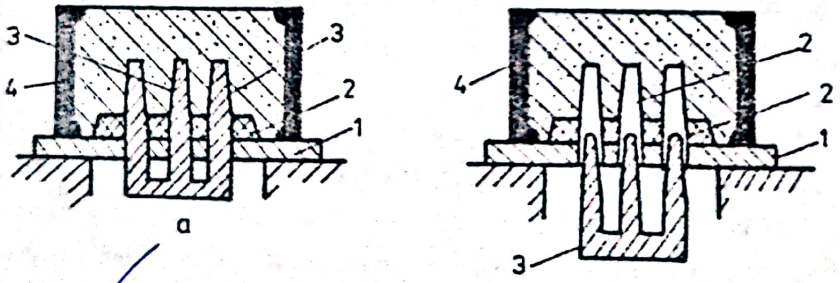


Fig.8.21. Schema de extragere a modelului prin sistemul cu pieptene

de model iar proeminenţele modelului sînt trase în jos, micşorîndu-se frecarea dintre model şi amestec, ceea ce evită dărîmarea părţilor înguste din formă. După cum se vede în fig.8.21-a modelul este alcătuit din două părţi: una fixă (2) pe placa de model (1) prevăzută cu tăieturi prin care pătrunde partea mobilă (3). După aşezarea ramei de formare (4) şi îndesarea amestecului, se trage partea mobilă în jos, fig.8.21-b şi apoi se ridică rama de pe model.

Uneori, se folosesc şi sisteme combinate de ridicare cu ajutorul pieptenului şi ştifturilor, aşa cum se vedeme în figura 8.22.

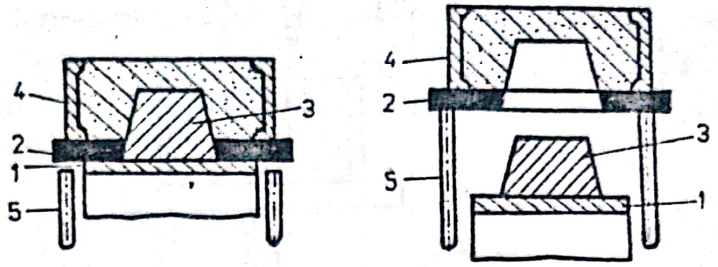


Fig.8.22. Schema extragerii combinate.
1-placă model; 2-pieptene; 3-model; 4-rama de formare; 5-ştifturi de ridicare

In acest caz, pieptenele (2) nu face parte din model. Pieptenele este ridicat împreună cu forma de pe model de către cele patru ştifturi ale maşinii.

Maşini cu masă rotativă, se folosesc pentru formarea de piese înalte cu dimensiuni mijlocii şi mari. Mecanismele maşinii permit întoarcerea formei cu 180° şi preluarea ei de către un mecanism situat sub maşină, aşa cum se arată în fig.8.23.

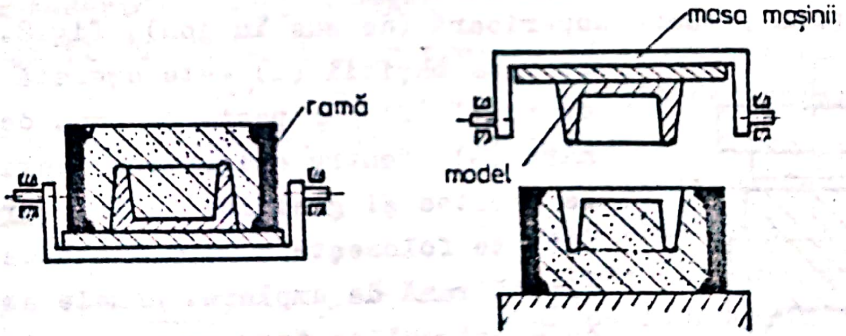


Fig.8.23. Schema maşinii cu placă rotitoare

Aceste maşini sînt folosite mai ales la îndesarea semiformelor inferioare, cu scopul de a reduce la minimum manevrele formelor după îndesare în procesul formării.

Maşini cu masă basculantă (rabatabilă). La aceste maşini axul de rotaţie al plăcii sau mesei se găseşte plasat lateral şi de asemeni, dispozitivul de extragere a formei nu se află sub maşină ci alături de maşină, fig.8.24.

Avantajul acestui sistem este că forma poate fi luată cu macaraua direct de pe dispozitiv fără nici o manevră suplimentară. Poziţia rabătută a mesei este reprezentată punctat.

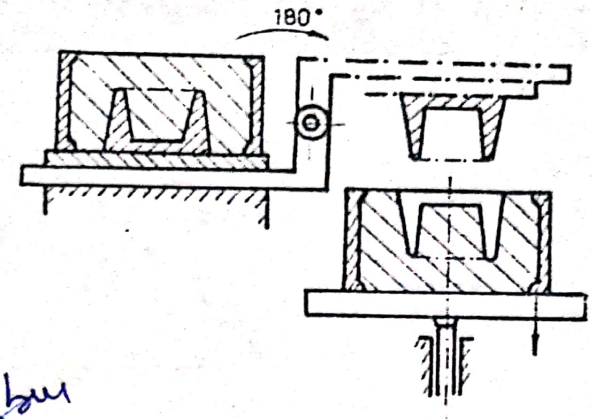


Fig.8.24. Schema maşinii cu placă rabatabilă

3 - După modul de îndesare a amestecului, deosebim următoarele tipuri de maşini: maşini cu îndesare manuală, cu îndesare prin presare, prin scuturare, prin scuturare şi îndesare suplimentară, cu cap aruncător şi speciale.

— Maşină cu îndesare manuală, sînt cele mai simple, la care se mecanizează numai operaţia de ridicare a formei de pe placa de model. Indesarea amestecului de formare se face cu ajutorul bătătorului manual sau pneumatic.

— Maşini cu îndesare prin presare. Aceste maşini lucrează de regulă prin presare superioară (de sus în jos), fig.8.25.

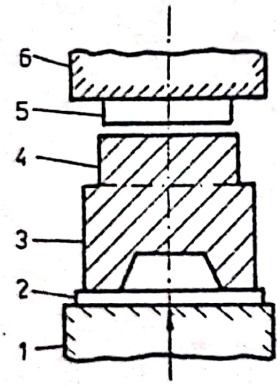


Fig.8.25. Schema presării superioare

Pe masa maşinii (1) este aşezată placa de model (2) iar peste ea rama de formare (3). Pentru asigurarea cantităţii de amestec şi gradului de îndesare dorit, se foloseşte o ramă ajutătoare (4) numită ramă de umplere. Ramele se umplu cu amestecul de formare şi masa maşinii ridicîndu-se în sus, se execută presarea de către traversa (5) fixată pe capul maşinii (6).

— Maşini cu îndesare prin scuturare. Aceste maşini se folosesc îndeosebi în cazul ramelor înalte, asigurîndu-se totodată o densitate mult mai uniformă a amestecului în ramă. Indesarea este dată de mişcarea de ridicare şi cădere a mesei pe care se află montată placa de model. Principiul de funcţionare a unei maşini scuturătoare se dă în figura 8.26.

Scuturarea mesei împreună cu placa de model şi ramele umplute cu amestec se realizează cu ajutorul aerului comprimat la

6÷7 atmosfere care pătrunde în cilindrul maşinii, ridică pistonul în sus cu masa şi cu tot ce se găseşte pe masă, pînă cînd marginea de jos a pistonului atinge orificiul de evacuare. In acest moment presiunea scade brusc şi pistonul cu tot ce este prins de el cade lovind cu bordura (8) batiul maşinii (fig.8.26), loviturile repetîndu-se pînă la închiderea robinetului de aer comprimat.

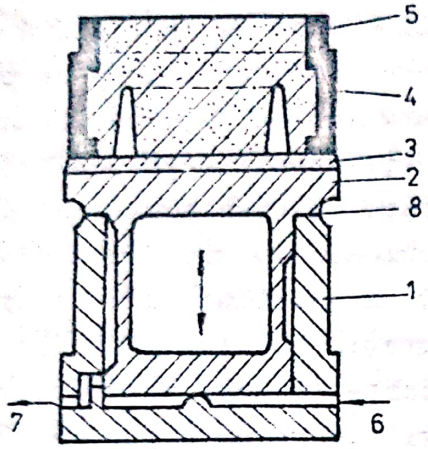


Fig.8.26. Schema unei maşini de îndesare prin scuturare

1-batiu; 2-piston; 3-placă de model; 4-ramă de formare; 5-rama de umplere; 6-orificiu pentru introducerea aerului comprimat; 7-orificiu de evacuare; 8-bordură

Maşini de îndesare prin scuturare şi îndesare suplimentară

Aceste maşini uniformizează îndesarea combinînd scuturarea cu presarea superioară suplimentară.

Maşinile de îndesat prin presare şi scuturare sînt construite cu doi cilindri, dintre care unul este de presare, o schemă de principiu fiind dată în figura 8.27.

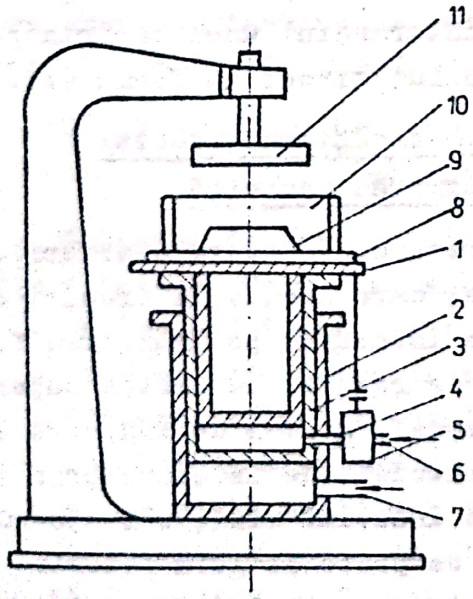


Fig.8.27. Schema unei maşini de îndesat prin presare şi scuturare

Principiul de funcţionare este următorul: pistonul de scutzrare (1) este acţionat de aerul ce intră prin orificiul (4), prin care este admis şi evacuat aerul cu ajutorul supapei (5), scutură placa de model (8) cu modelul (9) şi rama (10); pistonul (1) lucrează în cilindrul (2) care la rîndul său lucrează ca piston de presare în cilindrul (3). După ce s-a terminat scuturarea, se admite aer prin orificiul (7) în cilindrul (3). Pistonul (2) va ridica pistonul (1) respectiv

forma pe care o presează în sabotul (11).

Maşini de îndesare cu cap aruncător

Aceste maşini folosesc pentru formele mijlocii şi mari. Partea principală a maşinii este un cap aruncător format dintr-o carcasă metalică în interiorul căreia se roteşte cu o turaţie de cca 1500 rot/min, un rotor cu o paletă, fig.8.28.

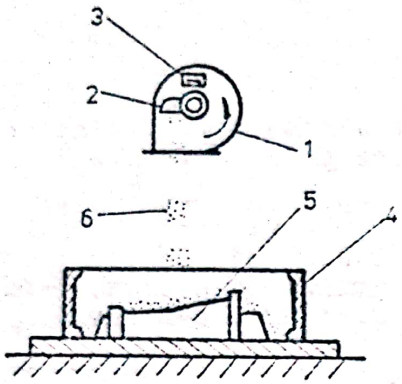


Fig.8.28. Principiul îndesării amestecului de formare prin aruncare.
1-carcasă; 2-rotor cu palete; 3-orificiu de alimentare; 4-rama; 5-model; 6-amestec de formare

Capul aruncător este alimentat cu amestec de formare printr-un orificiu de alimentare de la o bandă transportoare. Amestecul luat de paletă este aruncat în rama de formare datorită forţei centrifuge iar viteza de aruncare îndeasă amestecul uniform în jurul modelului. Gradul de îndesare al amestecului este determinat de turaţia capului şi înălţimea de aruncare. Aceste maşini au o productivitate cu un debit de 0,3 m^3/min.

Capul aruncător este montat pe un sistem de braţe articulate care permit deplasarea capului de aruncare în plan orizontal, în aşa fel încît amestecul să fie dirijat în orice zonă a ramei de formare.

Maşini speciale de îndesare, din care fac parte maşini de format cu presare pneumatică prin intermediul unei membrane; maşini de format cu suflare a amestecului direct în formă etc.

8.3.2.1. Metode noi pentru îmbunătăţirea gradului de îndesare la formarea mecanică

La îndesarea formelor prin presare, în afara eforturilor verticale apar şi eforturi laterale, care conduc la frecări de pereţii ramei şi la neuniformitatea îndesării pe înălţimea formei. Indesarea maximă se constată, de regulă, la partea superioară iar în vecinătatea plăcii de model, gradul de îndesare este mai mic. Acest fapt a făcut ca metodele de îndesare prin presare să se folosească la formele de înălţimi mici, sub 150-200 mm. Imbunătăţirea gradului de îndesare se poate asigura folosind metode perfecţionate cum sînt: vibropresarea şi îndesarea la presiuni ridicate.

Scanned with OKEN Scanner

Vibropresarea este o metodă de îndesare la care sistemul placă de model, ramă, amestec, sub efectul unei forţe de excitaţie periodică, este adus în stare de oscilaţie cu frecvenţă şi amplitudine mică. Energia vibraţiilor micşorează frecarea între granulele de nisip (cu cca 25 - 30 %), astfel realizîndu-se o mărire a gradului de îndesare şi scurtarea executării formei.

Indesarea la presiuni ridicate. Metoda foloseşte în locul presiunii normale de 2,0 - 2,5 daN/cm^2, presiuni ridicate de 20 - 30 daN/cm^2, obţinută cu ajutorul maşinilor hidraulice şi multiplicatorul de forţă.

Prin această îndesare cu presiuni ridicate, se uniformizează gradul de îndesare pe înălţimea formei, iar dacă se combină cu vibraţiile, se reuşeşte chiar un grad de îndesare constant, uniform pe înălţime. Acest lucru conduce la creşterea preciziei dimensionale a pieselor şi a calităţii suprafeţei lor. Datorită progreselor actuale, metoda poate fi folosită la confecţionarea formelor de dimensiuni 3000 x 2000 x 500 mm, care nu pot fi executate prin presare simplă.

In cazul îndesării prin scuturare, odată cu creşterea numărului de lovituri, efectul de îndesare scade. De asemenea, efectul îndesării scade şi pe înălţimea formei. Pentru uniformizarea gradului de îndesare se utilizează diverse procedee cum sînt: - îndesarea suplimentară cu ajutorul bătătoarelor manuale sau pneumatice; - aşezarea unor plăci de fontă peste formă în interiorul ramei care exercită o apăsare suplimentară; - presarea suplimentară a formei după scuturare, aplicabilă ramelor mici de pînă la 2000 x 800 mm.

8.3.2.2. Consideraţii generale asupra executării mecanice a formelor

Maşinile de format folosite în turnătoriile mecanizate asigură faţă de formarea manuală, următoarele avantaje:

- realizează îndesarea formelor mai uniform;
- precizia dimensională a pieselor turnate creşte;
- diferite operaţii auxiliare ca: dozarea amestecului, scoaterea modelului, sînt mecanizate;
- nu necesită muncitori de înaltă calificare.

La formarea mecanică, forma inferioară şi superioară se execută la maşini de formare diferite, deobicei alăturate. Mai întîi se execută forma inferioară, în care se montează miezurile, după care se execută forma superioară care se montează di-

Scanned with OKEN Scanner

rect peste forma inferioară, după care forma este gata pentru turnare.

8.4. Confecţionarea formelor semipermanente

Formele semipermanente se folosesc la turnări repetate cu reparaţii efectuate după fiecare turnare; sînt folosite de asemeni, la turnarea pieselor mari, de serie mijlocie cu forme de revoluţie cum sînt: cazane pentru topirea sodei, capace de cilindru, oale etc. De obicei, formele semipermanente se confecţionează din zidărie căptuşită cu un strat de argilă. In figura 8.29 se arată principiul formării cu şablonul a formelor semipermanente.

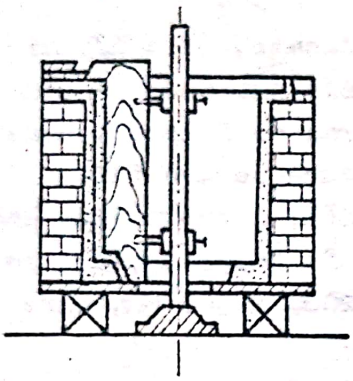


Fig.8.29. Formarea cu şablonul a formelor semipermanente

Operaţia de formare se execută repede şi constă numai din şablonarea stratului de argilă care căptuşeşte forma semipermanentă de zidărie. Inainte de turnare, forma se supune uscării.

8.5. Executarea miezurilor

Miezurile servind pentru obţinerea golurilor interioare ale pieselor turnate, în procesul turnării sînt solicitate termic şi mecanic mult mai puternic decît formele. Astfel, fiind sprijinite numai prin anumite puncte (prin mărci) solicitările de încovoiere, forfecare în timpul turnării sînt mari. De asemeni, în timpul răcirii şi solidificării sînt supuse la compresiune ridicată datorită contracţiei metalului şi prin urmare miezurile trebuie să cedeze primele. Pentru ca un miez să-şi îndeplinească rolul, trebuie să satisfacă următoarele condiţii: - o rezistenţă mecanică ridicată; - permeabilitate ridicată; - refractaritate superioară; - compresabilitate suficientă; - dezbatere uşoară.

Pentru obţinerea acestor proprietăţi, la confecţionarea miezurilor se utilizează amestecurile speciale de miez. Miezurile mici şi mijlocii se execută din amestecuri cu lianţi organici sau anorganici, caracterizaţi prin rezistenţă mare în stare uscată, permeabilitate şi compresivitate bună. Cum aceşti lianţi se carbonizează la turnare, miezurile se dezbat uşor.

Pentru a îmbunătăţi rezistenţa mecanică a miezurilor, acestea sînt prevăzute cu armături metalice interioare, confec-

ţionate de regulă din sîrmă de oţel. Armătura trebuie astfel plasată încît miezul să reziste la manipulare dar să cedeze la contracţia piesei turnate.

Imbunătăţirea permeabilităţii la gaze se face dirijînd gazele spre mărci cu ajutorul unor canale de ventilaţie, figura 8.30. Uneori, configuraţia miezului nu permite înţeparea canalelor şi atunci se folosesc lumînările, şnururile de ceară sau parafină, figura 8.31.

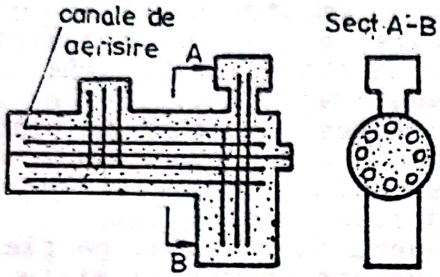


Fig.8.30. Secţiune printr-un miez cu armătură şi canale de aerisire

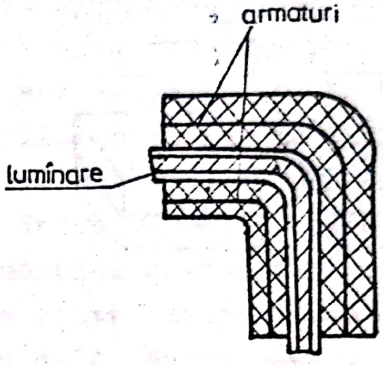


Fig.8.31. Miez cu lumînare şi armătură

In timpul uscării lumînarea arde şi rămîne canalul de ventilaţie continuu legat de mărcile miezului. Mărirea permeabilităţii, compresibilităţii şi uşurarea dezbaterii, se mai realizează şi prin adaos de materiale care ard în procesul de turnare cum sînt: rumeguş de lemn, făină de lemn, paie tocate etc.

Pentru executarea miezurilor se folosesc cutii de miez formate din una sau mai multe bucăţi care se asamblează. Miezurile se execută manual sau mec-anic.

8.5.1. Executarea manuală a miezurilor

La executarea manuală, închiderea, deschiderea cutiei de miez şi îndesarea amestecului de miez se face manul. In figura 8.32 se arată fazele de executare a unui miez, în care se prezintă şi modul de aşezare a armăturilor, de aerisire a miezului şi extragere a acestuia din cutie.

Deobicei, amastecul de miez se îndeasă separat în fiecare semicutie, după care se netezesc suprafeţele de separaţie, se aşează armătura metalică, vergelele pentru aerisire şi suprafeţele se ung cu o pastă de argilă care permit ca la închiderea cutiilor jumătăţile să se lipească între ele. In zona mărcilor se mai completează amestecul de formare, sescot vergelele, se

desface cutia cu mare atenţie şi miezul crud se aşează pe un pat moale de uscare, pe un strat subţire de nisip sau pe o placă de uscare profilată negativ, după conturul miezului.

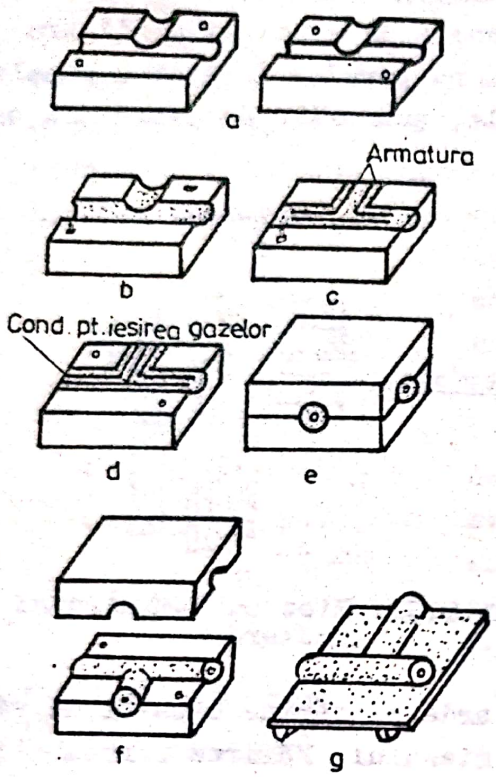


Fig.8.32. Schema confecţionării miezului

a-semicutii de miez; b-umplerea cu amestec a cutiei inferioare; c-aşezarea armăturilor în cutia inferioară; d-aşezarea armăturilor şi executarea canalelor de aerisire în cutia superioară; e-asamblarea semicutiilor; f-demularea miezului; g-aşezarea miezului pe placa de uscare cu pat de nisip

Urmează introducerea în cuptorul de uscare. După o uscare prealabilă miezurile se vopsesc cu un amestec refractar pentru a împiedica aderenţa, după care se supun uscării definitive.

8.5.2. Executarea mecanică a miezurilor

Se folosesc pentru aceasta maşini de format manuale la care numai extragerea miezului e mec-anizată, maşini de format prin scuturare, scuturare şi presare, care constructiv şi funcţional sînt identice cu maşinile de executat formele mecanizat. In turnătoriile moderne procedeele de bază pentru îndesarea miezurilor sînt: - procedeul prin suflare şi procedeul prin împuşcare.

Procedeul prin suflare constă în îndesarea granulelor de amestec prin antrenarea lor de către un curent de aer comprimat de presiune 46 atmosfere. Schema de principiu a maşinii se vede în figura 8.33. Maşina constă din rezervorul (1) umplut periodic cu amestec de formare şi cutia (2) apăsată de jos pe fundul rezervorului. Aerul comprimat introdus în rezervor traversează spaţiile intergranulare şi antrenează particulele de nisip în

cutia de miez (2). Aerul comprimat la acest procedeu este în acelaşi timp şi agent de transport şi de îndesare. Aerul după îndesare se evacuează prin orificiile (3) prevăzute cu plasă deasă sau cu pastile cu canale avînd lăţimea între 0,15 - 0,2 mm mai mică decît dimensiunea granulelor medii de nisip învelit cu liant. Aerul comprimat trecînd prin stratul de amestec din cutia de mieu efectuează îndesarea acestuia.

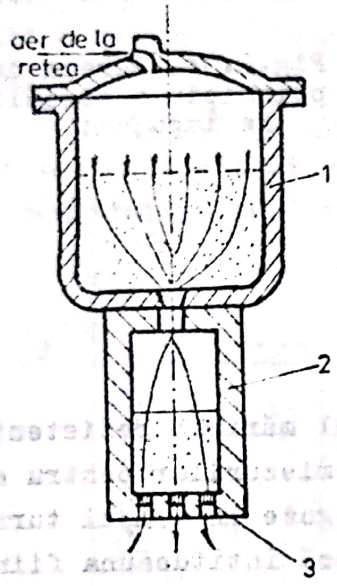


Fig.8.33. Schema capului de suflare

Procedeul prin împuşcare. Constituie o metodă modernă asigurînd un ciclu scurt al îndesării de cca 65 s. maşina se încadrează uşor în ciclul mecanizat sau automatizat. La îndesarea miezurilor prin împuşcare, spre deosebire de suflare, nu are loc o amestecare între aer şi amestec de miez. Principiul de funcţionare al maşinii se poate explica după schema din figura 8.34. Maşina are o cameră de împuşcare (1) care se încarcă periodic cu amestec de la silozul (9). In camera de împuşcare este amplasat cu joc cilindrul de împuşcare (2) care are o serie de fante verticale(3) şi orizontale (4). Fantele verticale au rolul de a permite aerului comprimat să preseze asupra perimetrului coloanei de amestec reducînd frecarea acestuia cu pereţii cilindrului. Fantele orizontale permit pătrunderea aerului comprimat pentru executarea împuşcării prin capul de împuşcare 5 în cutia de miez sau în formă. Etanşarea camerei de împuşcare de silozul cu amestec se face cu ajutorul şubărului(8).

Maşina funcţionează în felul următor: aerul comprimat intră prin orificiul supapei rapide (6) din rezervorul (7) direct în camera de împuşcare (1). Creşterea instantanee a presiunii aerului în cilindrul de împuşcare duce la o explozie de forţă care introduce cantitatea de amestec în cutia de miez. Aerul aflat în cutia de miez este evacuat prin orificiile de ventilare practicate în acest scop în cutie. Aerul intrat în cilindrul de împuşcare iese prin supapa de evacuare care intră în funcţiune instantaneu cu închiderea admisiei aerului. Cutia de miez e strînsă de capul de împuşcare cu ajutorul unor mecanisme speciale. Maşinile de împuşcat se folosesc mai ales la

fabricarea de miezuri complicate faţă de metoda prin suflare care asigură executarea de miezuri simple şi cilindrice.

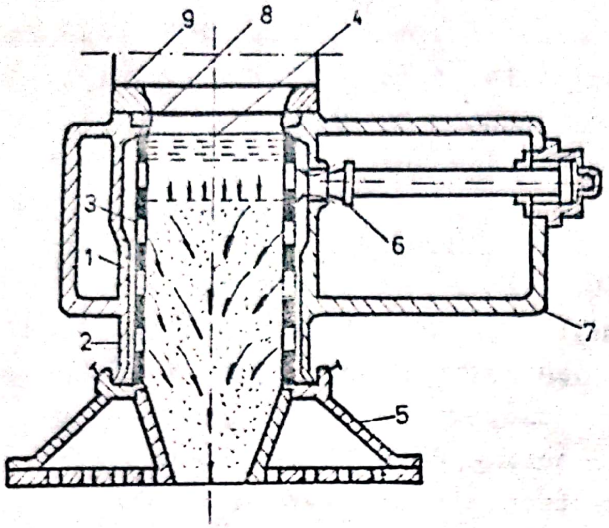


Fig.8.34. Schema de principiu a maşinii de împuşcat

8.6. Uscarea formelor şi miezurilor

Această operaţie se execută cu scopul măririi rezistenţei mecanice şi a permeabilităţii formelor şi miezurilor pentru a micşora capacitatea acestora de a produce gaze în timpul turnării. In ce priveşte formele, ele nu se usucă întîtdeauna fiind utilizate şi în stare crudă. Formele uscate se folosesc mai ales la turnarea de piese din oţel. Aceste forme sînt mai scumpe întrucît necesită amestecuri de calitate superioară. Miezurile însă se folosesc numai în stare uscată.

Procesul de uscare are un caracter lent şi care în cazul miezurilor presupune o primă etapă de încălzire de pînă la 100°C pentru a uniformiza încălzirea pe volumul miezului şi abia după aceea temperatura de uscare creşte la valoarea de regim. In caz contrar, uscarea forţată conduce la pierderea proprietăţilor liantului iar miezurile îşi pierd rezistenţe.

Pentru uscarea miezurilor şi formelor se folosesc diferite utilaje şi instalaţii:

- uscătoarele mobile se folosesc la uscarea formelor mari şi a celor executate în solul turnătoriei. Ele pot fi uscătoare cu ventilator, cu aer comprimat sau electrice. Uscătorul cu ventilator are un grătar pe care arde combustibilul solid şi un sistem de dirijare cu ţevi a gazelor de ardere, care pătrund în interiorul formei şi ies prin răsuflătorile acesteia.

- Uscătoarele cu funcţionare intermitentă sînt cuptoare de tip cameră cu funcţionare discontinuă şi se utilizează pentru uscarea miezurilor mai mari şi a formelor care se introduc în cuptor aşezate pe o platformă vagonet. Combustibilii folosiţi pot fi solizi, lichizi sau gazoşi. In acelaşi scop, pentru miezuri mai mici şi cantitate mai redusă se folosesc şi cuptoare dulap cu etajere, pe care se aşează miezurile pentru uscare. In interiorul uscătoarelor se creează o circulaţie forţată de aer cald care îndepărtează continuu vaporii de apă, accelerînd uscarea.

- Uscătoare cu funcţionare continuă se folosesc pentru uscarea miezurilor mici şi mijlocii. Sînt de mare productivitate şi se construiesc două tipuri: verticale şi orizontale.

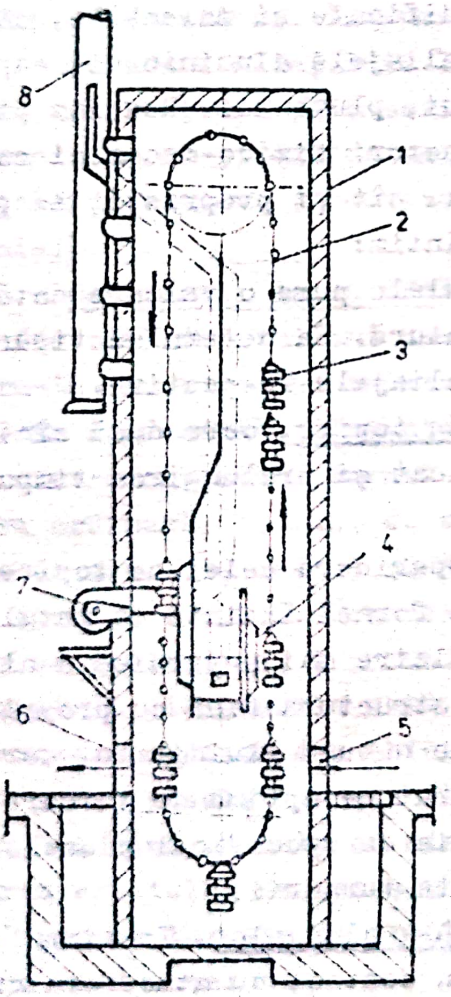


Fig.8.35. Schema uscătorului vertical. 1-carcasa uscătorului; 2-transportor cu lanţ; 3-etajere; 4-focar; 5-uşă de încărcare; 6-uşă de evacuare miez uscat; 7-ventilator; 8-coş cuptor

In figura 8.35 se prezintă schema unui uscător vertical, utilizat mai ales pentru uscarea miezurilor. Combustibilul lichid şi aerul de la un ventilator sînt aduşi în focarul situat în centrul uscătorului unde are loc arderea. Cu ajutorul unor ecrane de tablă gazele sînt dirijate în aşa fel în cuptor, încît ele să ajungă treptat în contact cu miezurile şi căldura cea mai mare să predomine în partea de sus a uscătorului.

Uscătoarele cu funcţionare continuă orizontale sînt camere-tunel cu lungime mare în interiorul cărora se deplasează o bandă rulantă sau un conveier pe care sînt aşezate formele şi miezurile. In ultima vreme se folosesc uscătoare cu rezistenţă electrică, cu raze infraroşii, cu curenţi de înaltă frecvenţă.

Scanned with OKEN Scanner

CAP.9. ELABORAREA, TURNAREA SI PROPRIETATILE METALELOR SI ALIAJELOR UTILIZATE LA TURNAREA PIESELOR

Elaborarea aliajelor destinate turnării pieselor este un proces complex prin care se asigură materialelor turnate anumite proprietăţi. In general, pentru turnarea pieselor metalice de maşini se utilizează metale şi aliaje de a doua fuziune obţinute din materiale metalice de primă fuziune şi deşeuri refolosibile (piese vechi, rebuturi, reţele de turnare etc). In mod curent, pe scară industrială se folosesc pentru turnare atît aliajele feroase, fontele cenuşii modificate şi maleabile, ca şi oţelurile de turnătorie, precum şi aliajele aluminiului, cuprului, magneziului, zincului, staniului, plumbului. Reuşita pieselor turnate depinde de o serie de factori fizico-mecanici care influenţează atît tehnologia turnării cît şi proprietăţile produselor obţinute. Dintre aceştia amintim:

- Temperatura de topire, la metalele pure o valoare dată iar la aliaje un interval de temperatură. Ea determină tipurile de cuptoare în care se pot elabora aliajele respective.

- Căldura specifică şi căldura de topire, care dacă sînt mari conduc la consum energetic ridicat şi prelungirea timpului de elaborare propriu-zis.

- Temperatura de turnare este superioară celei de topire în aşa fel încît să se asigure umplerea formei înainte ca metalul să se solidifice. Printr-o supraîncălzire mai puternică a aliajelor cu 100 - 300°C, se asigură o structură fină cu proprietăţi mecanice îmbunătăţite alături de o bună fluiditate, dar creşte afinitatea pentru gaze. Temperatura optimă de turnare se stabileşte de la caz la caz în funcţie de specificul pieselor care se toarnă şi de mărimea şi durata turnării.

- Reactivitatea fizică şi chimică a aliajelor. In timpul elaborării şi turnării aliajul vine în contact cu atmosfera cuptorului, cu aerul, căptuşeala refractară a cuptorului şi a oalei, cu zgura, materialul formei etc., în care caz se pot produce reacţii care conduc la incluziuni nemetalice cum sînt: oxizii, nitrurile, carburile etc., care înrăutăţesc caracteristicile materialului. De asemeni, în aceste procese poate să crească con-

ţinutul de gaze (O_2,CO_2,H_2O,H_2,N_2) care înrăutăţesc proprietăţile mecanice ale aliajelor.

- Viteza de răcire influenţează structura de solidificare în sensul că cu cît viteza de răcire este mai mare cu atît structura este mai fină şi caracteristicile mecanice mai bune. Viteza de răcire este mai mare la formele metalice decît la turnarea în forme temporare.

- Fluiditatea este proprietatea metalelor şi aliajelor topite de a umple bine forma. Fluiditatea creşte cu temperatura şi este funcţie de compoziţia chimică a aliajului. In general, aliajele care au un interval mare de solidificare au o fluiditate mai scăzută decît cele eutectice. Fluiditatea se determină tehnologic prin mai multe metode, cea mai utilizată fiind cea a spiralei Kery (vezi îndrumarul de laborator, vol.II). In afară de temperatura aliajului, la un material dat asupra fluidităţii, influenţează şi o serie de factori cum sînt: temperatura formei, forma şi dimensiunile piesei turnate, calitatea suprafeţelor formelor, vîscozitatea metalului topit, tensiunea superficială.

- Contracţia de solidificare şi cea din timpul răcirii, este factorul determinant care dictează asupra reuşitei piesei turnate din punct de vedere al formei, dimensiunilor sale finale. Ea reprezintă diferenţa dimensională volumetrică sau liniară dintre cavitatea formei şi piesa turnată ajunsă la temperatura ordinară. Astfel, de exemplu, fonta cenuşie are o contracţie de cca 1 %, oţelul şi fontele maleabile au contracţia dublă, de cca 1,8 - 2,0 %. O contracţie mare duce la apariţia retasurilor de contracţie, a porozităţilor, iar la piesele cu secţiune variabilă, tensiunile mari create de contracţie pot duce la deformarea acestora sau chiar la apariţia crăpăturilor.

La piesele turnate fără miezuri, contracţia se produce liber, pe cînd la cele cu miezuri se produce frînată. Pentru evitarea efectului de retasură (goluri de contracţie), în interiorul piesei turnate se practică amplasarea în sistemul de turnare a unor maselote.

- Segregaţia este neomogenitatea chimică a piesei turnate în diversele ei detalii, rezultată în urma procesului de solidificare. Pentru evitarea segregaţiei, se recomandă răcirea rapidă în intervalul de solidificare urmată de o răcire lentă pentru difuzie de omogenizare şi eliminarea tensiunilor interne în restul timpului de răcire, în care scop se aplică şi tratamente.

Scanned with OKEN Scanner

9.1. Turnarea metalului în forme

Pentru obţinerea pieselor turnate, metalul se introduce în formă prin intermediul unui sistem de canale care alcătuiesc aşa numita reţea de turnare.

O reţea de turnare corect proiectată trebuie să satisfacă la următoarele condiţii:

- alimentarea liniştită, uniformă, continuă şi într-un timp cît mai scurt cu metal lichid a cavităţii formei;
- reţinerea zgurii şi a impurităţilor care ar putea pătrunde împreună cu metalul lichid format în cavitatea formei;
- alimentarea cu metal lichid a piesei turnate în timpul solidificării să împiedice formarea retasurilor şi golurilor în piesă;
- să asigure reglarea fenomenelor termice la solidificarea şi răcirea piesei turnate.

Pentru economie de metal, greutatea reţelei de turnare trebuie să fie cît mai mică. In acest sens, alegerea tipului şi dimensiunilor reţelei de turnare precum şi locului pentru introducerea metalului topit în formă, constituie cheia succesului turnării precum şi asigurarea unui preţ de cost scăzut a pieselor turnate.

Elementele reţelei de turnare

O reţea de turnare normală are următoarele elemente componente, conform figurii 9.1. Uneori, la turnarea fontei, pentru a evita pătrunderea zgurii în formă, în reţeaua de turnare se montează şi un filtru executat din materiale refractare. Filtrul se plasează fie în pîlnia de turnare (fig.9.2-a), fie la baza piciorului pîlniei (fig. 9.2-b).

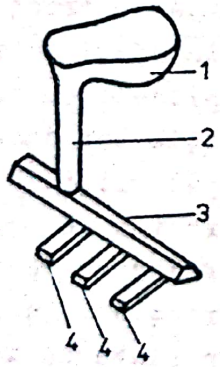


Fig. 9.1. Reţea normală de turnare
1-pîlnie sau cupă de turnare care primeşte metalul lichid; 2-piciorul pîlniei; 3-canal colector de zgură; 4-canale de alimentare (alimentatori)

Canalul colector de zgură se execută în forma superioară deasupra planului de separaţie şi are o secţiune trapezoidală. Zgura fiind mai uşoară, se ridică la partea superioară a acestui canal şi rămîne reţinută în spaţiu închis în rama superioară. Metalul trece spre piesă prin

canalele de alimentare plasate sub canalul de zgură şi de regulă în rama inferioară. In acest fel, cavitatea formei se umple numai cu metal sănătos, fără zgură.

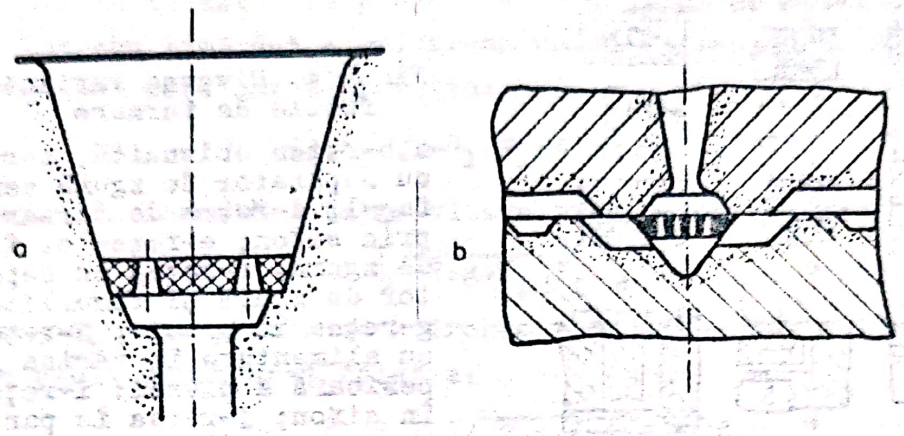


Fig.9.2. Filtre de zgură

Referitor la reţeaua de turnare şi reţinerea zgurii, la turnarea fontei cenuşii se prescrie ca secţiunea totală a canalelor de alimentare (S_a) să fie mai mică decît secţiunea canalului colector de zgură (S_c) şi care la rîndul ei trebuie să fie mai mică decît secţiunea piciorului pîlniei de turnare.(S_p)

In funcţie de plasarea canalelor de alimentare la turnarea pieselor, deosebim trei sisteme principale de turnare:

- turnarea directă, la care alimentarea se face pe la partea superioară (fig.9.3-a);
- turnarea cu alimentare laterală (sau pe la mijlocul piesei), fig.9.3-b, simplă sau în etaje, folosită la turnarea pieselor de înălţime mare, cea mai utilizată metodă;
- turnarea prin sifon (prin izvorîre sau indirectă), figura 9.3-c, alimentarea făcîndu-se la partea inferioară a piesei.

Se aplică la turnarea pieselor de înălţime mare.

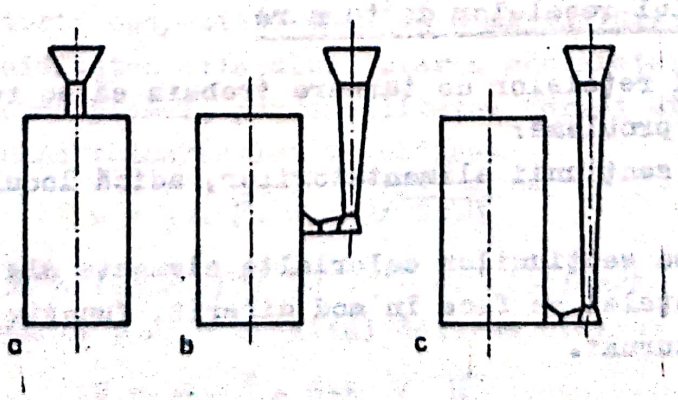


Fig.9.3. sisteme de turnare

In figura 9.4 sînt prezentate diverse variante de reţele de turnare, pentru introducerea metalului lichid în forme:

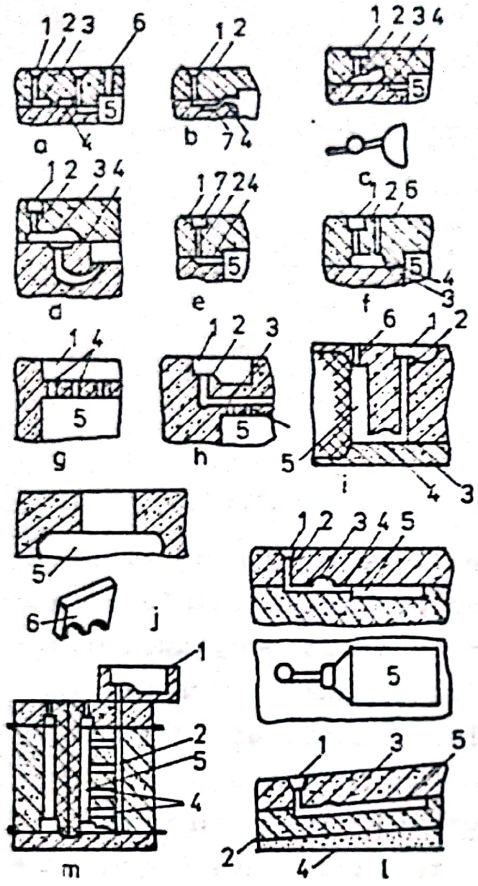


Fig.9.4. Diverse variante de reţele de turnare

a,b-reţea obişnuită; c-reţea cu separator de zgură centrifugal; d-reţea de turnare prin sifon; e-reţea cu filtru de zgură; f-reţea cu separator de zgură şi răsuflătoare; g-reţea în ploaie; h-reţea cu alimentare în partea superioară a piesei; i-reţea în sifon; j-reţea în pană; k-reţea cu alimentator placă; l-reţea pentru turnare de plăci; m-reţea cu alimentatori etajaţi

La toate variantele reţelelor de turnare prezentate, se observă o serie de elemente comune notate pe figuri cu cifre de la 1 ... 8, cu următoarea semnificaţie: 1 - pîlnie de turnare; 2 - picior de turnare; 3 - distribuitor,separator de zgură; 4 - alimentator; 5 - cavitatea formei (piesa); 6 - răsuflătoare; 7 -filtru de zgură; 8 - pîlnie pană.

9.2. Calculul reţelelor de turnare

La calculul reţelelor de turnare trebuie să se rezolve următoarele două probleme:

- calcularea secţiunii alimentatorilor, adică locul gîtuit al reţelei şi
- determinarea secţiunilor celorlalte elemente ale reţelei.

Calculul reţelei se face în mod diferit, funcţie de calitatea metalului turnat.

Calculul reţelei de turnare pentru turnarea pieselor din fontă cenuşie

- Calculul secţiunii alimentatorilor

Pentru aceasta, se pleacă de la debitul de metal Q_o care trece într-un timp dat z printr-un canal cu secţiunea S_1, cu viteza v_1 care este dat de relaţia:

$$Q_o = \mu \cdot S_1 \cdot v_1 \cdot z$$

Inlocuind în această relaţie viteza prin valoarea ei:

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}$$

în care, H_p este presiunea hidrostatică calculată, obţinîndu-se pentru debit următoarea relaţie:

$$Q_o = \mu \cdot S_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p} \cdot z$$

Deoarece la scurgerea unei vîne de metal lichid aceasta are o contracţie, relaţia de mai sus se foloseşte la dimensionarea reţelei de turnare cu anumite corecţii. Astfel, în loc de secţiunea S_1 se va lua în consideraţie o secţiune S de forma:

$$S = \alpha \cdot S_1$$

unde alfa este coeficientul de contracţie.

De asemeni, viteza reală de scurgere a metalului va fi mai mică decît cea teoretică din cauza pierderilor, prin frecare fiind afectată de un coeficient de corecţie subunitar (φ):

$$v = \varphi \cdot v_1$$

Astfel, cantitatea reală de lichid Q care se scurge într-un interval de timp z este mai mică decît cea teoretică:

$$Q = \alpha \cdot \varphi \cdot Q_o = \mu \cdot Q_o$$

μ fiind coeficientul de rezistenţă la umplere şi depinde de următorii factori: compoziţia chimică a aliajului, temperatura de turnare, fluiditatea aliajului, starea suprafeţei canalului de scurgere, forma piesei, permeabilitatea formei etc.

Inlocuind valoarea lui Q_o obţinem:

$$Q = \mu \cdot \mu \cdot S \cdot z \sqrt{2g \cdot H_p}$$

Dacă se notează $\mu \sqrt{2g} = \beta$ şi considerăm că beta are valoarea constantă pentru un aliaj dat, se obţine:

$$Q = \mu \cdot \beta \cdot S \cdot z \sqrt{H_p}$$

In acest caz, secţiunea canalului de alimentare se calculează cu relaţia:

$$S_a = \frac{Q}{z} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \beta \cdot \sqrt{H_p}} \quad [cm^2]$$

Valorile lui μ sînt totdeauna mai mici decît unitatea. Astfel: pentru piese din fontă $\mu = 0,42$ între (0,27 - 0,55); pentru piese din oţel $\mu = 0,35$ între (0,30 - 0,41); pentru aliaje neferoase $\mu = 0,65$ între (0,60 - 0,70).

Pentru coeficientul β se iau următoarele valori:

- pentru fontă şi oţel $\beta = 0,31$;
- pentru bronzuri $\beta = 0,33$;
- pentru aluminiu $\beta = 0,10$

Pentru determinarea presiunii hidrostatice calculată, se utilizează relaţia:

$$H_p = \frac{2H_o H - H_2^2}{2H}$$

în care: H_o - presiunea iniţială, măsurată prin înălţimea piciorului de turnare, în cm; H_2 - înălţimea punctului celui mai înalt al piesei sau formei deasupra nivelului alimentatorului, în cm; H - înălţimea maximă a piesei, în cm.

Timpul de turnare z se determină cu o relaţie dată de Dietert:

$$z = s \cdot \sqrt{Q}$$

unde: Q este greutatea piesei iar s - coeficientul care depinde de grosimea pereţilor (s = 1,7 - 2,2). In aceste condiţii pentru secţiunea alimentatorilor se ajunge la relaţia:

$$S_a = \frac{Q}{s\sqrt{Q}} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \beta \cdot \sqrt{H_p}}$$

Inmulţind numitorul şi numărătorul cu $\sqrt{Q}$ şi notînd $\frac{1}{s \cdot \mu \cdot \beta} = X$ se obţine relaţia:

$$S_a = \frac{X \cdot \sqrt{Q}}{\sqrt{H_p}} \quad [cm^2]$$

Coeficientul X depinde de grosimea pereţilor piesei turnate şi are următoarele valori:

- X = 5,8 - pentru piese cu grosimi de perete 3-4 mm;
- X = 4,9 - pentru piese cu grosimi de perete 5-8 mm;
- X = 4,3 - pentru piese cu grosimi de perete 8-15 mm.

Scanned with OKEN Scanner

Din cele de mai sus rezultă că cu cît piesa are pereţii mai groşi, cu atît secţiunea alimentatorilor trebuie să fie mai mică. Cunoscînd secţiunea totală a canalului de alimentare, se calculează celelalte elemente ale reţelei pornind de la criteriul menţinerii sistemului fix, adică secţiunile canalelor de turnare şi ale piciorului trebuie să fie mai mari decît ale alimentatorului.

Relaţia generală care satisface această condiţie este:

$$S_p > \alpha \cdot S_c > \alpha' \cdot S_a$$

în care: S_p - secţiunea minimă a piciorului; S_c - secţiunea minimă a canalului de turnare; S_a - secţiunea minimă a alimentatorului iar α şi α' - coeficienţi.

Dacă se ia secţiunea alimentatorilor drept unitate atunci pentru piesele mari şi mijlocii de fontă, se obţin rezultate bune, cu următorul raport:

$$S_p : S_c : S_a = 2 : 1{,}5 : 1$$

Pentru piese cu pereţi subţiri din fontă este recomandată relaţia:

$$S_p : S_c : S_a = 1{,}11 : 1{,}06 : 1$$

Comparînd cele două relaţii, se constată că la piesele subţiri se face o gîtuire mai puţin pronunţată.

— Calculul reţelei de turnare pentru piesele din oţel

Faţă de fonta cenuşie, în calculul reţelei pentru turnarea oţelului apare condiţia particulară cînd zgura este reţinută în oală ca urmare a faptului că turnarea se face cu orificiul de fund al oalei.

Secţiunea canalului de alimentare se calculează cu relaţia:

$$S_a = \frac{Q}{K \cdot Z \cdot L} \quad [cm^2]$$

unde: Q este greutatea brută a piesei turnate; K - viteza specifică de turnare dată de relaţia:

$K = 0{,}9 \cdot 10^{0{,}031 \cdot K_v}$ $[Kgf/cm^2 \cdot s]$ pentru forme uscate

$K = 0{,}4 \cdot 10^{0{,}044 \cdot K_v}$ $[Kgf/cm^2 \cdot s]$ pentru forme crude

In aceste relaţii $K_v = \frac{Q}{V}$ $[Kgf/dm^3]$; V este gabaritul piesei, în dm^3, măsurat pe cele trei dimensiuni principale (lungime x lăţime x înălţime), luate după desen.

Z este timpul de umplere, în sec.; L - coeficientul de corecţie al fluidităţii oţelului.

Cunóscînd secţiunea alimentatorilor se calculează celelalte elemente ale reţelei după relaţia:

$$S_p : S_c : S_a = 1 : 1 : 1$$

adică toate secţiunile minime ale elementelor reţelei sînt egale.

Deoarece această relaţie nu asigură un sistem perfect închis, se preferă relaţia:

$$S_p : S_c : S_a = 1,2 : 1,1 : 1$$ care închide sistemul.

Calculul reţelei de turnare pentru piese din fontă maleabilă, diferă de calculul reţelei pentru fonta cenuşie, din următoarele considerente:

- fluiditatea fontei maleabile este mai scăzută datorită conţinutului redus de carbon, siliciu şi mangan;
- elementele reţelei de turnare trebuie să fie mai scurte şi cu secţiunea mai mare, pentru a asigura viteze mai mari de umplere;
- contracţia fontei maleabile este aproape de trei ori mai mare în stare lichidă decît la fonta cenuşie, motiv pentru care apare necesitatea dirijării solidificării piesei.

In acest caz, secţiunea alimentatorilor se calculează cu relaţia de la fonta cenuşie:

$$S_a = \frac{X\sqrt{Q}}{H_p} \quad [cm^2]$$

însă raportul părţilor componente ale reţelei vor avea valori diferite, conform relaţiei:

$$S_p : S_c : S_a = (1,5 \dots 2) : 1 : (2 \dots 9)$$

Calculul reţelelor de turnare la aliajele neferoase

Se face după metodica dimensionării reţelei de turnare pentru piesele din oţel.

La confecţionarea reţelelor de turnare se folosesc pe scară largă filtrele pentru zgură şi se aplică în principal principiul solidificării simultane. La aliajele neferoase introduceeea metalului în formă trebuie să se facă liniştit, fără vîrtejuri, împroşcări şi cu viteză mică. In acest scop, secţiunea de bază a piciorului trebuie să fie mai mică decît secţiunea alimentatorului, respectîndu-se în general relaţia:

$$S_p : S_c : S_a = 0,75 : (1,5 \dots 1,7) : 1$$

Pentru asigurarea unei scurgeri liniştite în alimentator

aceştia se recomandă să se execute cu secţiune foarte mică dar în număr mare, sistemul de alimentare purtînd numele de turnare în ploaie sau etajat.

9.3. Oale de turnare

Transportul metalului de la agregatul de topire la locul de turnare se execută cu oale speciale de turnare, căptuşite cu material refractar, corpul fiind din tablă de oţel. Inaintea umplerii cu metal lichid, oalele trebuiesc bine uscate şi preîncălzite pentru a evita pericolul de explozie şi împroşcare cu metal. Oalele cu capacitatea de 15 - 25 kg se numesc linguri de turnare, fig.9.5-a şi sînt manevrate de un singur turnător; oalele cu furcă manuale, fig.9.5-b şi c, au capacităţi între 60 şi 150 kg şi sînt manevrate de 2 - 4 muncitori; pentru capacităţi între 150 kg şi 10 tone, se folosesc oale de turnare suspendate cu macara, fig.9.6, fiind prevăzute cu mecanism melc-roată melcată cu autofrînare pentru basculare şi menţinere într-o anumită poziţie.

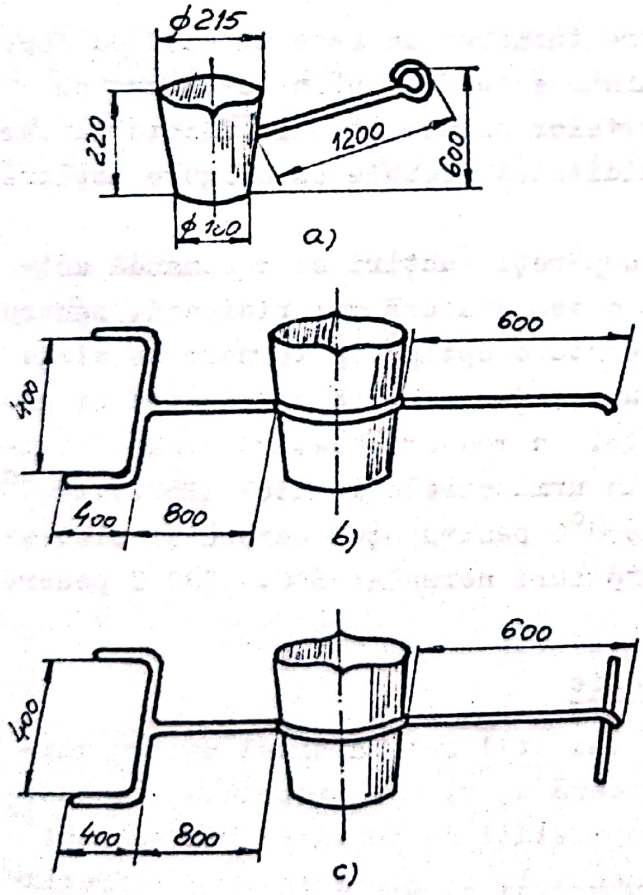


Fig.9.5. Linguri şi oale de turnare manuale

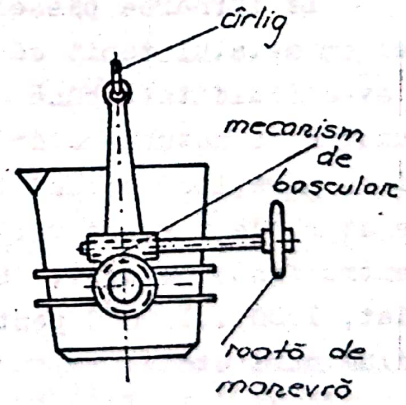


Fig.9.6. Oală pentru macara cu mecanism de basculare

Alte ori, pentru reţinerea şi mai bună a zgurii, se folosesc oale care au despărţitor refractar pînă la fund, deversarea metalului făcîndu-se cu ajutorul ciocului oalei, fig.9.7.

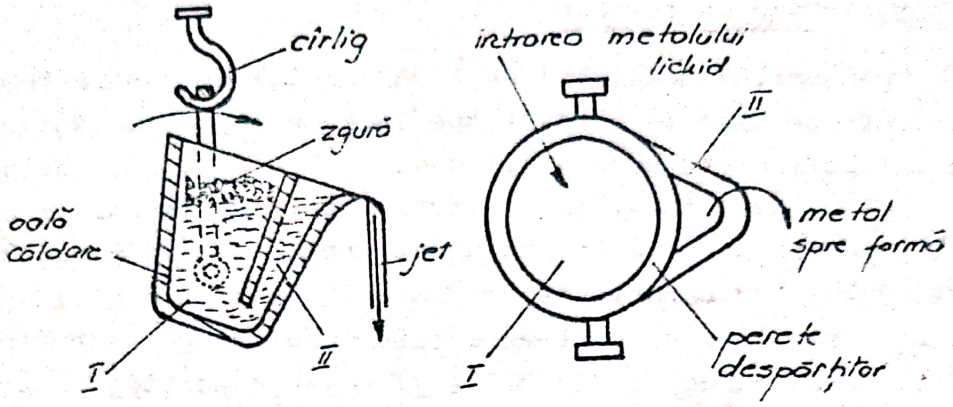


Fig.9.7. Oală de turnare cu perete despărţitor pentru reţinerea zgurii

Pentru transportul şi turnarea oţelului se utilizează acelaşi tip de oală de la turnarea oţelului în lingotiere cu orificiu de fund.

In afară de oţel la care turnarea se face cu oală cu dop, la toate celelalte aliaje turnarea se face prin deversare cu ciocul oalei. Turnarea diferitelor aliaje trebuie făcută la temperatură optimă întrucît fluiditatea trebuie să asigure umplerea corectă a formei.

La turnarea pieselor cu pereţi subţiri se recomandă astfel ca metalul topit să aibă o temperatură mai ridicată, pentru a avea fluiditate bună. Temperatura optimă de turnare se alege funcţie de natura materialului şi de masa, complexitatea şi grosimea pereţilor piesei turnate. In mod orientativ, această temperatură de turnare variază în următoarele limite: 1250...1400°C pentru fonte cenuşii; 1600-1650°C pentru oţel carbon şi slab aliat; 1000...1200°C pentru brpnzuri normale; 680...780°C pentru siluminuri etc.

9.4. Fontele de turnătorie

Fonta cenuşie este cel mai utilizat material pentru turnare, fiind ieftin, se elaborează uşor, are proprietăţi mecanice satisfăcătoare şi bune proprietăţi de turnare. Din totalul maşinilor fabricate pe plan mondial, la greutate 70 % reprezintă piesele turnate din fontă, greutatea pieselor individual mergînd de la cîteva kilograme la 250 - 300 tone.

Fonta cenuşie se remarcă printr-o mare capacitate de amortizare a vibraţiilor precum şi prin caracteristici deosebite cum sînt cele de rezistenţă la frecare, fiind folosită la turnarea cilindrilor de motor.

Caracteristicile mecanice de rezistenţă şi frecare depind pe de o parte de masa metalică de bază (feritică sau perlitică) ca şi de cantitatea, mărimea, forma şi distribuţia formaţiunilor de grafit.

Fontele cenuşii mecanice de rezistenţă ridicată sînt de regulă perlitice, cu grafit puţin, fiind şi uniform repartizate. Fontele de rezistenţă slabă sînt cu masa feritică iar grafitul în cantitate mare şi de formă grosolană. Forma structurală a fontei depinde de compoziţia chimică respectiv de procentul de carbon, siliciu şi grosimea piesei turnate, siliciul fiind puternic grafitizant iar grosimea de perete dictînd asupra vitezei de răcire în procesul de turnare.

Pentru realizarea structurii dorite a fontelor, în baza cercetărilor efectuate, se întîlnesc diagrame cum sînt cele Maurer, care ţin cont de compoziţia chimică la grosime constantă de pereţi, figura 9,8, şi respectiv Greiner-Klingeştein care ţin cont de compoziţia chimică şi grosime variabilă de perete respectiv viteză de răcire variabilă, figura 9.9.

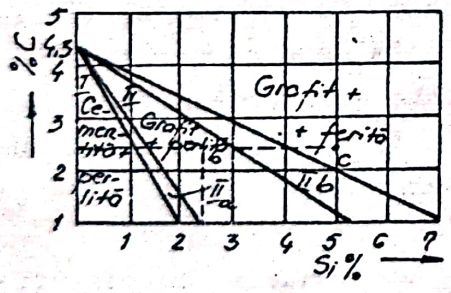


Fig.9.8. Diagrama Maurer

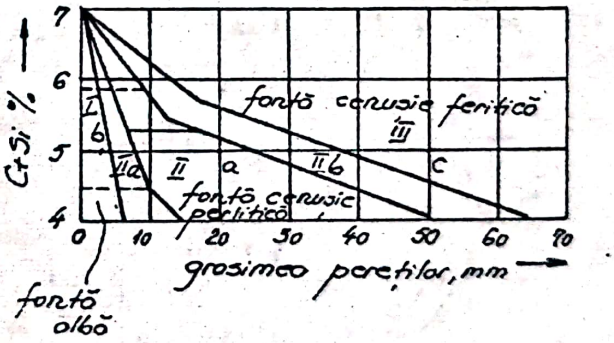


Fig.9.9. Diagrama structurală a fontelor în funcţie de grosimea pereţilor

Analizînd diagramele de mai sus se observă că structura fontelor în funcţie de parametri, compoziţie chimică, grosime perete, marchează mai multe domenii distincte:

- domeniul I caracteristic fontelor albe;
- domeniul II caracteristic fontelor perlitice;
- domeniul III caracteristic fontelor feritice.

Pe diagrame se mai constată şi două domenii de tranziţie:

II-a caracteristic fontelor pestriţe, dure şi fragile şi domeniul II-b caracteristic fontelor cenuşii ferito-perlitice cu proprietăţi intermediare. Diagrama Maurer se poate explicita analitic şi prin ecuaţia fasciculului de drepte de forma:

$$C + nSi = const$$

unde C reprezintă procentul de carbon; Si - procentul de siliciu iar n - coeficientul unghiular al dreptei, care delimitează zonele din diagramă şi variază între 1,65 - 0,47.

Pentru fontele perlitice obişnuite n = 1 şi prin urmare, în cazul unei fonte eutectice expresia analitică a diagramei Maurer devine

$$C + Si = 4,3\ \%$$

relaţie valabilă pentru procentul de carbon cuprins între 2,5 şi 3,5 %.

Faţă de diagrama Maurer, diagrama Greiner-Klingenstein ţine cont în plus şi de grosimea pereţilor piesei, observîndu-se însă aceleaşi domenii caracteristice de structură.

Alte cercetări, cum sînt cele ale lui Ghirşovici, au arătat că dreptele din diagrama Maurer pot deveni fără mare abatere curbe de tip hiperbolic, în care caz expresia analitică a diagramei devine:

$$C \cdot Si = const$$

Cîteva moduri de reprezentare a diagramelor Ghirşovici se văd în figurile 9.10 şi 9.11. Categoriile de fontă după structură conform acestor diagrame respectă de fapt aceleaşi domenii caracteristice ca şi în diagramele Maurer.

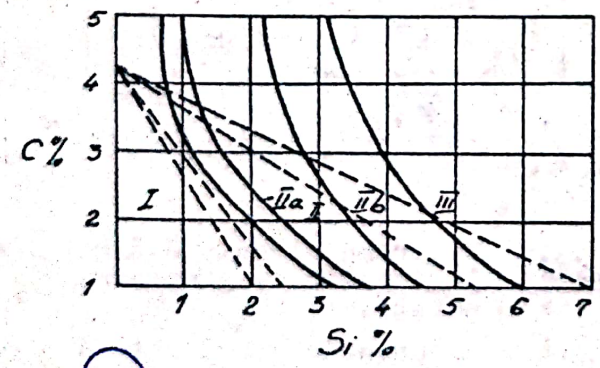


Fig. 9.10. Diagrama Ghirşovici (I)

Fontele cenuşii utilizate în turnătorii sînt de următoarele tipuri: - fonte cenuşii obişnuite pentru turnătorie STAS 568-75 şi cele turnate în piese pentru maşini-unelte STAS 8541-75; - fonte modificate cu grafit lamelar; - fonte modificate cu grafit nodular STAS 6071-75; - fonte maleabile obţinute din maleabilizarea pieselor turnate din fontă albă STAS 569-79; - fonte aliate cu proprietăţi mecanice deose-

bite ca: refractaritate, rezistenţă la coroziune, rezistenţă la uzare, proprietăţi magnetice, fizice speciale etc. Alierea fontelor se face cu diverse elemente ca Ni, Cr, Mo, V etc., în funcţie de caracteristicile cerute, în RSR fiind standardizate următoarele categorii: STAS 6706-79 - fonte refractare; STAS 6707-79 - fonte antifricţiune şi STAS 10066-75 - fonte austenitice.

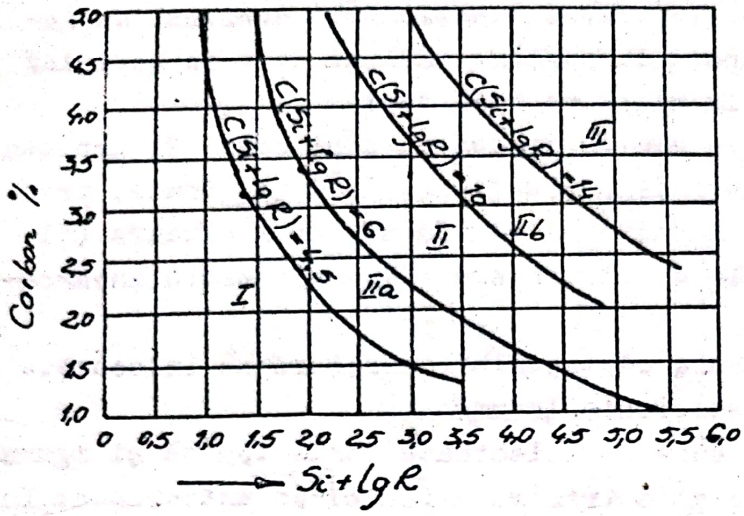


Fig.9.11. Diagrama Ghirşovici (II)

9.4.1. Elaborarea fontelor de turnătorie

Cele mai folosite agregate de topire pentru elaborarea fontelor de turnătorie sînt următoarele: cubiloul, cuptoarele cu flacără, cuptoarele electrice.

Ca materie primă pentru elaborarea fontelor de turnătorie servesc: fonta brută de prima fuziune; deşeuri de fontă; deşeuri de oţel (folosite pentru diluarea carbonului şi siliciului) şi feroaliaje (pentru a mări conţinutul de siliciu sau mangan a fontelor ca şi pentru a realiza alierea fontei cu diverse elemente).

9.4.1.1. Topirea fontei în cubilou

Cubiloul este cel mai răspîndit agregat de elaborare a fontei de turnătorie, prezentînd următoarele avantaje:

- construcţie şi întreţinere simplă;
- productivitate ridicată;
- permite obţinerea fontelor de turnare de la calităţile normale pînă la calităţile superioare;
- fonta se obţine la un preţ de cost scăzut.

Cubiloul este un cuptor de retopire de formă cilindrică-vertical cu cuvă şi funcţionare continuă, putînd fi cu şi fără antecreuzet. In figura 9.12 se prezintă o secţiune longitudinală printr-un cubilou cu antecreuzet.

Cubiloul este confecţionat dintr-o manta metalică de oţel, căptuşită cu stratul izolator 9 şi apoi cu cărămizi de şamotă (10). Prin intermediul stîlpilor metalici (21) se sprijină pe fundaţia de beton (24). In timpul funcţionării cubiloul se închide la partea inferioară cu capacul (20) pe care se sprijină vatra (26) executată din nisip de turnătorie.

Părţile principale ale unui cubilou sînt cuva (2) umplută în permanenţă cu straturi de combustibil, fondant, fontă, prin gura de încărcare (3); la nivelul platformei de încărcare (5) folosindu-se uneori oale de alimentare (6), se execută încărcarea cubiloului.

In zona de încărcare căptuşeala refractară se înlocueşte cu elemente de fontă rezistente la uzare.

Creuzetul (1) în care se colectează fonta topită şi zgura este prevăzut un orificiu de trecere a fontei în antecreuzet.In cazul cubilourilor prevăzute cu alte creuzete (17), fixe sau basculante, gura de scurgere a fontei (18) este prevăzută la nivelul vetrei antecreuzetului iar de scurgere a zgurii (16) la 90^{o} faţă de cel de scurgere a fontei. Antecreuzetul serveşte pentru omogenizarea fontei sau pentru colectarea unei cantităţi mai mari în vederea turnării de piese grele. Inconvenientul antecreuzetului constă în faptul că temperatura metalului scade cu 40 - 80^{o}C, ceea ce reclamă un consum suplimentar de combustibil pentru menţinerea temperaturii optime de evacuare a fontei prin jgheabul de scurgere (19), în oala de turnare (22) de pe postamentul (23). Aerul necesar arderii este asigurat de ventilatorul (11) care face legătura cu centura inelară de aer (12) de unde se insuflă în cubilou prin gurile de vînt (13) dispuse pe un singur rînd sau mai multe rînduri suprapuse.

Gurile de aer dispuse pe mai multe rînduri duc la o ardere mai completă a combustibilului şi obţinerea unor temperaturi mai ridic-ate.

Observarea mersului cubiloului şi curăţirea gurilor de vînt se face prin intermediul unor capace prevăzute cu vizorul (15) din mică sau sticlă.

Distanţa între gurile de vînt este 300 mm la cubilourile cu antecreuzet şi dublu sau chiar triplu la cubilourile fără antecreuzet, această distanţă fiind faţă de vatra cubiloului şi ultimul rînd de guri de vînt. Gura de vizitare (14) de la baza cubiloului permite repararea căptuşelii şi zidirea vetrii la pornirea cubiloului. Deasupra cuvei (2) se găseşte coşul (4)

Scanned with OKEN Scanner

construit cu zidărie mai subţire şi parascînteiul (25).

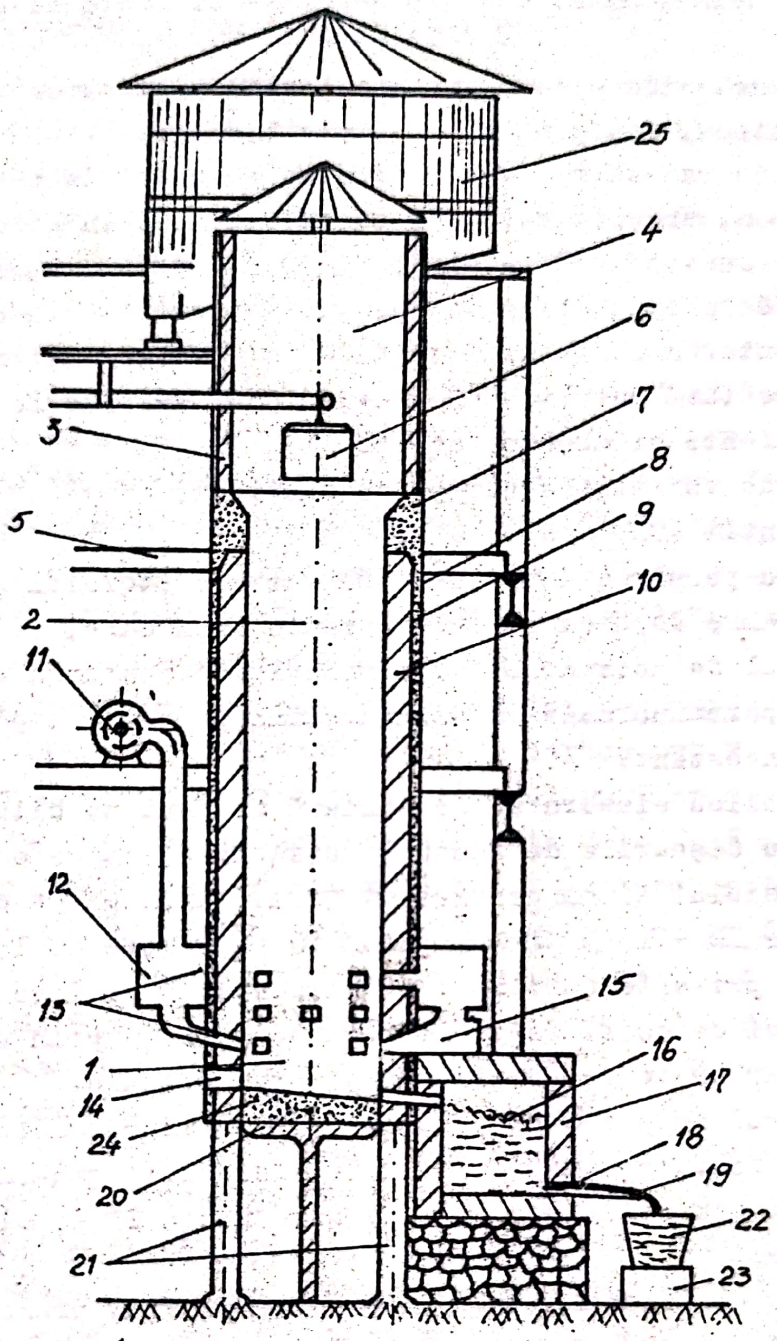


Fig.9.12. Secţiune longitudinală în cubilou

Cubiloul, ca şi furnalul, funcţionează pe principiul contracurentului, perioada de funcţionare continuă nedepăşind 48 de ore.

Înălţimea cubiloului este între 5 - 8 metri, diametrul între 0,5 - 2,0 m iar productivitatea variază după diametru între 0,5 - 30 tone/oră.

Cubiloul are caracteristic următoarele zone:

- zona creuzetului, în care are loc arderea combustibilului în măsură neînsemnată, aici se depozitează fonta în stare lichidă;

- zona de oxidare deasupra gurilor de vînt, unde combustibilul arde intens, fonta fiind în stare lichidă;

- zona de reducere, unde se reduce bioxidul de carbon în oxid de carbon, arderea este mai puţin intensă, în această zonă începînd să se topească metalul;

- zona de preîncălzire în apropierea gurii de încărcare.

Alimentarea cubiloului se face în straturi alternative cu:

- încărcătură metalică (formată din blocuri de fontă brută, deşeuri de fontă şi deşeuri de oţel);

- cocs de turnătorie (drept combustibil;

- fondenţii (CaO sau $CaCO_3$).

Pentru pornirea cubiloului pe vatra cuptorului se aprinde un foc de lemne după care, prin gura de încărcare, se introduce treptat patul de cocs cu cca 800 m înălţime deasupra gurilor de vînt. Incărcarea normală în straturi începe numai după ce cocsul devine incandescent.

In cubilou elaborarea se bazează de fapt pe diluarea fontei brute cu deşeurile de fontă şi oţel însoţită de o slabă oxidare a siliciului şi manganului. Astfel, siliciul se oxidează în proporţie de 10 - 15 % iar manganul în proporţie de 15 - 20 %.

In ce priveşte carbonul, se oxidează şi el însă la traversarea patului de cocs, fonta se recarburează şi prin urmare procentul de carbon se realizează numai prin diluare.

Fosforul nu poate fi eliminat prin oxidare, astfel că reducerea lui se face tot prin diluare. Sulful în general creşte cu 40 - 50 % din cauza sulfului pe care fonta îl dizolvă din cocsul folosit.

Pentru elaborarea unei fonte cu compoziţie prescrisă trebuie ţinut cont de toţi factorii mai sus enumeraţi. In cazul cînd la turnare este necesară o fontă de bună calitate, cu un conţinut de sulf mai mic decît cel rezultat în cubilou, se procedează la desulfurare în oala de turnare sau antecreuzet, prin tratarea fontei lichide cu substanţe alcaline cum sînt: carbonatul de sodiu, carbidul etc.

Zgura şi fonta topită se evacuează la anumite intervale prin spargerea dopurilor de argilă din gurile de scurgere a zgurii şi fontei. La finele elaborării fonta lichidă se scurge în oala de turnare iar încărcătura solidă se evacuează prin uşa inferioară.

Construcţii speciale de cubilouri

Cubilourile perfecţionate urmăresc micşorarea consumului de combustibil, creşterea productivităţii, obţinerea de fontă cu temperaturi ridicate şi elaborarea de fonte cu conţinut redus de carbon şi sulf. Dintre tipurile de cubilouri deosebim:

- Cubilou du aer preîncălzit, reprezintă o soluţie eficientă pentru sporirea randamentului cubiloului şi ridicarea temperaturii fontei lichide. Preîncălzirea aerului se realizează cu ajutorul diverselor instalaţii, cum sînt: - instalaţii care folosesc căldura gazelor din cubilou (realizînd preîncălzire la 100 - 150°C); - instalaţii care folosesc căldura fizică şi chimică a gazelor de cubilou (realizînd preîncălzirea aerului la cca 300°C); - instalaţii care lucrează cu focare speciale fără folosirea căldurii gazelor din cubilou (realizînd preîncălzirea aerului la temperaturi de cca 450 - 600°C).

- Cubilouri pentru elaborarea fontei cu conţinut redus de C. Aceste cubilouri realizează fonte cu carbon sub 2,2 % în care caz vatra este ridicată pînă la nivelul gurilor de vînt, în cazul cubilourilor cu antecreuzet, iar la cele fără antecreuzet, prin umplerea vetrei cu material inert suprarefractar.

- Cubilou cu combustibil lichid, gazos sau în formă de pulbere. Aceste cubilouri prin înlocuirea parţială sau totală a cocsului, dau o fontă lichidă suprаîncălzită realizînd un conţinut redus de sulf şi de carbon. In unele cazuri se foloseşte metoda elaborării combinate, adică încărcătura de cocs este înlocuită cu combustibilul gazos sau lichid prin injectoare montate deasupra gurilor de vînt.

- Cubilou cu aer îmbogăţit cu oxigen. La aceste cubilouri se realizează o temperatură mai ridicată a fontei lichide, în care caz temperatura şi viteza de reacţie superioară asigură obţinerea de fonte cu procent scăzut de sulf şi fosfor. Adaosul de oxigen în aer de cca 3 - 8 % conduce la o mărire a productivităţii cu cca 50 %, singurul dezavantaj fiind uzarea mai rapidă a căptuşelii refractare.

9.4.1.2. Cuptoarele cu flacără pentru retopirea fontei

Cuptorul cu flacără constă dintr-o cameră în care materialul topit vine în contact cu flacăra rezultată din arderea unui combustibil lichid, gazos sau cărbune pulverizat, cuptoarele funcţionînd cu regenerator sau recuperator care permite supraîncălzirea fontei.

Scanned with OKEN Scanner

Avantajul principal al acestor cuptoare cu tot randamentul termic scăzut, constă în posibilitatea mai bună de ridicare a temperaturii fontei lichide, de analiză chimică curentă, de îndepărtare a zgurii şi de obţinere a fontelor cu un conţinut scăzut de carbon. Din punct de vedere constructiv, ele pot fi: cu vatră fixă sau cu vatră rotativă.

Dintre cele două tipuri, cuptorul rotativ este cel mai utilizat, iar cele fixe sînt de tipul Martin-Siemens, la care capacitatea nu depăşeşte 15 tone, temperatura atingînd 2000°C.

Cuptprul rotativ este de tip cilindric, cu capacităţi de pînă la 5 tone, a cărui schemă se vede în figura 9.13.

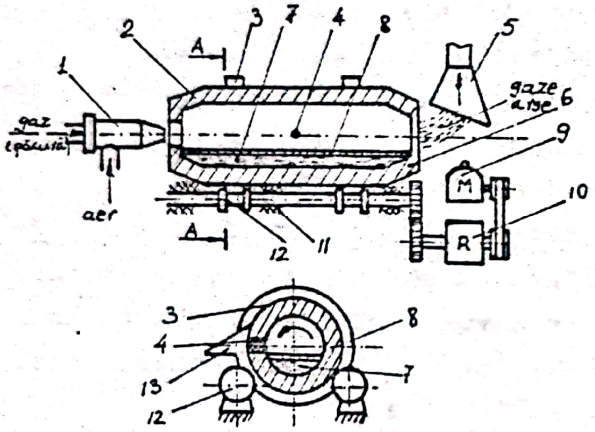


Fig. 9.13. Schema unui cuptor rotativ
1-arzător (injector) 2-manta din tablă de oţel; 3-inel de rulare; 4-orificiu de golire cu dop de argilă; 5-hotă pentru coş; 6-căptuşeală (şamotă); 7-baia metalică; 8-zgură; 9-motor; 10-reductor; 11-lagăr; 12-role; 13-jgheab de evacuare.

Este confecţionat din tablă de oţel căptuşit cu şamotă, încălzirea executîndu-se cu combustibil gazos, lichid sau praf de cărbune cu ajutorul unor arzătoare sau injectoare, aşezat la unul din capatele cuptorului.

Evacuarea gazelor arse se face prin capătul opus.

Rotirea cuptorului se execută cu ajutorul unui motor electric prin intermediul unui reductor, roţi dinţate intermediare, role antrenate şi inele de rulare, viteza de rotaţie fiind de 0,5 - 1,0 rotaţii pe minut.

Evacuarea zgurii şi aliajului lichid se face prin orificiul de golire din peretele lateral. Răspîndirea acestor cuptoare în turnătorii e legată de următoarele avantaje:

- pornire uşoară şi reglare uşoară a temperaturii;
- se realizează temperaturi ridicate - peste 1400°C;
- combustibilii folosiţi nu influenţează în mod deosebit compoziţia chimică a fontei, ceea ce permite reglarea conţinutului de carbon şi reducerea conţinutului de sulf;
- prin mişcarea de rotaţie se asigură o transmitere bună a căldurii în baie şi o omogenizare perfectă a aliajului elaborat.
- se pot elabora fonte aliate;

Dintre dezavantajele acestor cuptoare deosebim: - productivitatea mai scăzută; - funcţionare intermitentă; - preţul de cost al fontei mai ridicat.

Procesul metalurgic este un proces de oxidare în care elementele ard în următoarele proporţii: carbon 7 ... 15 %, siliciu 20 ... 3 0 % şi manganul 30 ... 50 %.

Incărcarea şi funcţionarea cuptorului are loc după cum urmează: - se introduce mai întîi un pat de cocs de petrol sau de mangal, apoi amestecul de materiale feroase, după care se introduce 1 % piatră de var pentru fluidizarea zgurii. Se dă drumul injectorului iar pînă la topire cuptorul se basculează cîte 45 - 60°, orificiul de evacuare zgură-fontă fiind astupat, iar după topire începe să se rotească continuu. Dezoxidarea fontei se face cu ferosiliciu.

Cuptoarele electrice pentru fontă

Dacă se admit conţinuturi de sulf 0,08 - 0,12%, elaborarea se poate face în cupfoare electrice cu căptuşeală acidă, în caz contrar conţinutul de sulf dacă se cere sub 0,02 %, atunci elaborarea se poate face în cuptor electric cu căptuşeală bazică.

Cea mai bună elaborare se execută în cuptoare electrice cu inducţie, a căror capacitate merge de la 8 - 10 tone. In aceste cuptoare se obţin fonte de calitate superioară, folosindu-se aceste aliaje la turnarea unor piese importante ca: cilindri de automobil, cilindri, pistoane, roţi dinţate, bucşe de cilindri, segmenţi de piston, armături etc.

Caracteristicile de turnare a fontei cenuşii

Dintre caracteristicile principale de turnare a fontei mecanice turnată în piese (de a doua fuziune), amintim:

- temperatura de topire cca 1150°C;
- temperatura de supraîncălzire 1300 - 1450°C;
- temperatura de turnare 1250 - 1400°C.
- are o fluiditate mare, creşte cu procentul de carbon şi P.
- are o contracţie mică (cca 1 %);
- are contracţie de solidificare mică, ceea ce conduce la retasură redusă, microretasurile fiind neglijabile;
- turnarea se face cu toate procedeele;
- la turnarea în forme permanente (cochile), există pericolul de albire a suprafeţelor.

Procedeele de formare şi turnare folosite frecvent la turnarea fontei cenuşii sînt: forme temporare obişnuite, crude şi

uscate, forme coji, forme cu sticlă solubilă întărită cu CO_2, turnare cu modele uşor fuzibile, turnare centrifugală, turnare continuă, turnare în cochilii.

După turnare gazele inflamabile şi toxice (COH_2CO_2, etc), trebuiesc aprinse deoarece prezintă pericol de explozie şi intoxicaţie.

Formele turnate se lasă să se răcească lent şi uniform pentru obţinerea unor structuri corespunzătoare, după care se procedează la dezbatere, curăţire şi tratament termic al pieselor turnate.

9.4.1.3. Elaborarea şi turnarea fontelor modificate

Fontele modificate, procesul de modificare, modificatorii folosiţi, structura, proprietăţile şi standardizarea acestora, este tratată la cursul de"studiul metalelor". In cele ce urmează se vor prezenta numai date suplimentare cu privire la elaborare şi turnare. Din punct de vedere al grafitului modificat, se deosebesc două categorii de fonte: cu grafit lamelar fin şi structură de bază perlitică şi cu grafit nodular.

a- Fonte modificate cu grafit fin (perlitice). Aceste fonte prezintă avantajul că sînt mai compacte, uşor de prelucrat, rezistă la uzare şi coroziune, că sînt mai puţin sensibile la diferenţele de secţiune, posedînd o structură mult mai omogenă decît fontele obişnuite.

Ca materii prime folosite la elaborarea acestor fonte servesc cele de la elaborarea fontelor cenuşii la care în plus trebue să se utilizeze modificatorii care se adaugă în vîna de lichid ce se scurge la descărcarea cuptorului în proporţie de 0,2-1,0 %. Eficacitatea modificării este atinsă dacă temperatura metalului lichid este de minimum 1400°C.

Dozarea materiilor prime se face astfel încît la sfîrşitul elaborării compoziţia chimică să posede procentul corespunzător de carbon şi siliciu, ceea ce se realizează mai ales prin adaosuri de fier vechi la şarjare. Adaosul de fier vechi la elaborarea acestor fonte variază între 20 - 70 %.

Compoziţia chimică a acestor fonte se încadrează între limitele: carbon total 2,6 - 3,0 %; siliciu 1,2 - 1,7 %, mangan 0,8 - 1,2 %, fosfor mai mic de 0,2 - 0,3 %.

Elaborarea se execută în aceleaşi agregate ca şi fonta cenuşie.

TTehnologia de formare şi turnare este identică cu cea

practicată la fonta cenuşie, cu următoarele observaţii:

- contracţia de solidificare este mai mare, ceea ce necesită uşoare maselotări;
- temperatura de turnare mai ridicată, cca 1400°C;
- contracţia de răcire mai mare - 1,4 - 1,6 %;
- turnarea trebuie efectuată imediat după modificare pentru ca efectul modificării să nu dispară, în jur de jumătate de oră.

b - Fonte cu grafit nodular

Materiile prime folosite pentru elaborarea fontei cu grafit nodular trebuie să conducă la o compoziţie chimică între limitele: 3,2 - 3,8 % C; 1,8 - 2,7 % Si; sub 0,6 % Mn; sub 0,2 %P şi pînă la 0,09 % S. Elaborarea se face în agregate similare cu cele de la fonta cenuşie.

Modificatorii folosiţi sînt cei pe bază de ceriu şi magneziu sau minerale utile a acestora, respectîndu-se condiţiile de adăugare şi proporţia acestora în funcţie de greutatea şarjei, în jur de 0,8 - 1,0 % din greutatea şarjei.

Formarea şi turnarea se face la fel ca la fonta cenuşie, însă datorită contracţiei de solidificare ridicată, trebuie asigurată maselotarea pentru evitarea retasurii. Turnarea trebuie făcută repede după modificare, deoarece efectul de modificare a magneziului se pierde complet după 20 - 30 minute.

9.4.1.4. Elaborarea şi turnarea fontei maleabile, caracteristici tehnologice

Fonta maleabilă se obţine practic prin tratamentul termic de recoacere de maleabilizare, plecînd de la fonta albă turnată în piese, care comportă două faze în procesul de fabricaţie:
- într-o primă fază, se elaborează fonta lichidă albă şi se toarnă în piese; - în a doua fază, piesele turnate solidificate se împachetează în medii de tratament în cutii speciale de maleabilizare, după tipul fontei de obţinut, respectiv fontă maleabilă cu miez alb sau fontă maleabilă cu miez negru.

Structura, proprietăţile, standardizarea şi tratamentul termic de maleabilizare aplicat categoriilor specifice de fontă maleabilă, sînt probleme tratate la cursul de "studiul metalelor".

Din punct de vedere al elaborării şi turnării, cele două tipuri de fontă maleabilă, cu miez negru sau alb, se obţin cu procedee identice.

Scanned with OKEN Scanner

Elaborarea se poate face în cubilouri, cuptoare sub flacără şi cuptoare electrice.

Obişnuit, elaborarea fontei maleabile se face în cuptoare rotative cu flacără la care materia primă folosită este fonta brută cu conţinut redus de siliciu şi mangan, resturi de la turnările anterioare, fierul vechi şi eventual feroaliaje.

Turnarea se face în forme crude, identice cu cele de la fonta cenuşie, dar şi în forme coji sau cochile metalice.

Practic, din punct de vedere al turnării, la fabricarea pieselor de fontă maleabilă, se referă la condiţiile de turnare a fontei albe, în care caz trebuiesc respectate următoarele măsuri:

- datorită contracţiei mari de solidificare cu pericol de apariţie a retasurilor se impune aplicarea maselotelor voluminoase, care spre deosebire de oţel, nu se plasează pe piesă ci pe alimentator, figura 9.14, pentru a putea fi uşor îndepărtată ulterior.

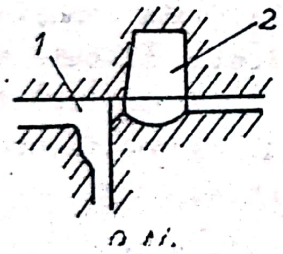


Fig.9.14. Exemplu de aplicare a maselotei.
1 - piesă;
2 - maselotă

- fluiditatea fontei albe este mai mică decît a celei cenuşii, ceea ce impune o ridicare a temperaturii de supraîncălzire pînă la 1450°C;

- contracţia liniară fiind relativ mare (1,5 - 1,8 %), atrage după sine adeseori apariţia crăpăturilor la cald şi la rece a pieselor din fontă albă, ceea ce impune soluţii de asigurare a compresibilităţii formei şi miezului.

9.5. Turnarea pieselor din oţel

Oţelul este folosit la turnarea pieselor atunci cînd acestea sînt supuse la solicitări mari unde se cere rezis.enţă la tracţiune, plasticitate şi rezilienţă mai ridicată, ca şi în cazul turnării unor piese de configuraţii complicate sau de dimensiuni mari care nu pot fi forjate sau matriţate rentabil.

Faţă de piesele forjate - matriţate de aceeaşi compoziţie chimică, piesele turnate prezintă următoarele avantaje:

- adaosul de prelucrare este mai mic;
- pot asigura piese de configuraţie complicată;
- tehnologia de lucru mult mai simplă;
- preţul de cost al fabricaţiei mai scăzut.

Greutatea pieselor turnate din oţel variază de la cîteva

grame la sute de tone.

Elaborarea oţelului de turnătorie se face în cunoscutele agregate cum sînt: - convertizoare mici de 1,5 tone; - cuptoare Siemens-Martin mici de 5 - 25 tone; - cuptoare electrice cu arc ((Héroult) de 0,5 - 10 tone; - cuptoare de inducţie fără miez de fier de capacitate 50 - 5000 kg.

9.5.1. Oţeluri turnate în piese

Pentru turnarea pieselor din oţel se folosesc două categorii de oţeluri turnate standardizate:

- oţeluri carbon turnate în piese - STAS 600-74;
- oţeluri aliate pentru construcţia de maşini turnate în piese - STAS 1773-76.

Proprietăţile de turnare ale oţelului

Faţă de fonta cenuşie, proprietăţile de turnare în piese a oţelurilor sînt mai scăzute. Dintre particularităţile turnării oţelului menţionăm:

- temperatura de topire a oţelului este mai înaltă decît a fontei şi prin urmare şi temperatura de turnare aste mai înaltă, pentru a se putea asigura piese turnate cu pereţi subţiri; temperatura de turnare variază cu grosimea pereţilor, după cum urmează: la piese cu pereţi groşi T_{topire} + 100°C = aproximativ 1600°C; la piese cu pereţi subţiri T_{topire} + 150°C = 1650°C;
- fluiditatea oţelului este mai mică decît a fontelor întrucît conţine mai puţin carbon şi siliciu;
- contracţia de solidificare la oţel este mare, ceea ce favorizează apariţia retasurilor în nodurile termice;
- contracţia liniară este de cca 2 %, dublă faţă de cea a fontei cenuşii, care este în jur de 1 %;
- oţelul topit posedînd temperatură înaltă, posedă şi capacitate mare de absorbţie a gazelor.

Faţă de cele de mai sus, reuşita fabricării pieselor turnate din oţel reclamă luarea unor măsuri suplimentare atît la formare cît şi la turnare. Dintre acestea, mai importante menţionăm:

- pentru confecţionarea formelor şi miezurilor, se folosesc amestecuri de formare cu refractaritate ridicată, pentru care suprafaţa de lucru a acestora se vopseşte cu vopsele refractare;
- turnarea se face în forme crude care sînt mai compresibile, miezurile trebuind să aibă compresivitate ridicată (cu inimă de cocs);

Scanned with OKEN Scanner

- reţeaua de turnare se dimensionează şi se plasează astfel încît să se asigure principiul solidificării simultane sau dirijate, în funcţie de grosimea pereţilor piesei turnate.

Solidificarea simultană, se practică în cazul în care piesa nu are mare diferenţă la grosime între pereţii învecinaţi, cînd alimentatorul se plasează în locul cel mai îngust (figura 9.15), ceea ce conduce la faptul că temperatura oţelului se egalizează pe volumul piesei la solidificare şi răcire.

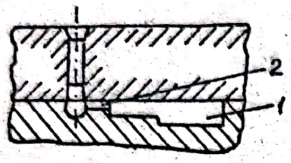


Fig.9.15. Schema de alimentare pentru solidificare simultană.
1 - piesă; 2 - alimentator

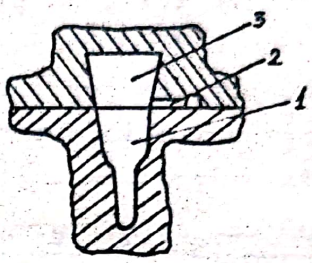


Fig.9.16. Schema de alimentare pentru solidificarea dirijată. 1-piesă; 2-alimentator; 3-maselotă

Solidificarea dirijată se aplică pieselor cu diferenţă mare la grosime de perete. In acest caz, alimentatorul atacă piesa la partea masivă, la care, pentru evitarea formării retasurii se prevăd şi maselote (fig.9.16). Maselota nu este altceva decît un adaos tehnologic de material care asigură alimentarea golului de contracţie în corpul piesei în procesul de răcire şi solidificare. Ca şi la turnarea lingourilor, şi în cazul pieselor turnate apare defectul de retasură a cărui mecanism, schematic se prezintă în fig.9.17.

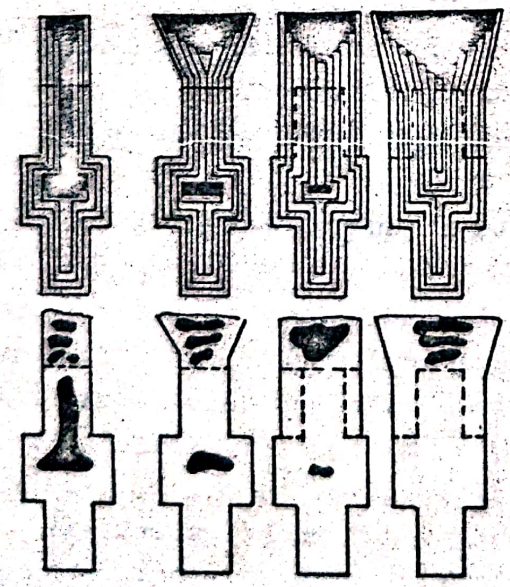


Fig.9.17. Mecanismul retasurii

In aceeaşi figură 9.17 se observă şi soluţia tehnologică de evitare a retasurii prin plasarea de maselote. Dimensionarea maselotelor trebuie astfel făcută întîc metalul lichid din corpul ei să fie ultimul care se solidifică.

Piesele turnate care prezintă intersecţii de pereţi sau îngroşări locale,

ca noduri termice, sînt supuse pericolului de apariţie a microretasurilor. Acest lucru se vede pe figura 9.18 şi 9.19.

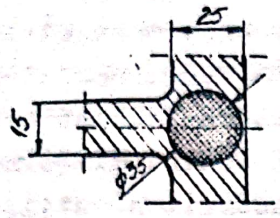


Fig.9.18. Nod termic

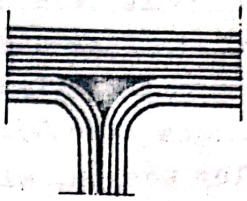


Fig.9.19. Linii izoterme-izosolidus

In aceste cazuri, pentru eliminarea nodului termic, se utilizează cel mai adesea metoda uniformizării grosimii pereţilor piesei turnate, verificare care se face prin metoda cercului înscris (fig.9.20) sau se prevăd maselote şi răcitori la nodul termic.

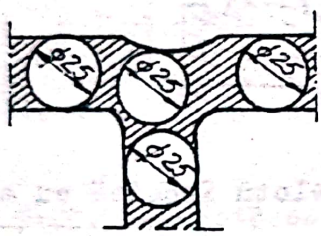


Fig.9.20. Metoda cercurilor înscrise

Maselotele pot fi deschise sau închise după modul de amplasare.

Maselotele deschise pot fi maselote deschise directe, plasate deasupra porţiunii groase a piesei şi maselote deschise lateral, folosite la alimentarea unor noduri termice aflate în semiforma inferioară.

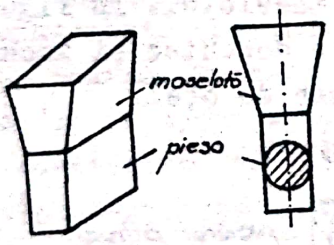


Fig.9.21. Tipuri de maselote deschise

Maselotele deschise directe utilizate frecvent pot avea secţiune dreptunghiulară (fig.9.21-a) sau cilindrice (fig.9.21-b). Maselotele deschise directe au avantajul că servesc ca bazin de decantare a segregaţiilor şi incluziunilor nemetalice şi permit anumite observaţii asupra a ceea ce se petrece în formă în timpul umplerii.

Dezavantajele maselotelor directe constă în următoarele:

- înălţimea maselotelor depinde de înălţimea ramelor de formare;
- consumul de metal este mare, greutatea maselotelor depăşind uneori greutatea piesei;
- este posibilă pătrunderea în formă a corpurilor străine.

Maselote deschise lateral se folosesc în acele cazuri cînd configuraţia piesei nu permite plasarea lor în partea de sus şi prezintă aceleaşi avantaje şi desavantaje ca şi maselo-

tele deschise directe.

Maselotele închise au avantajul faţă de maselotele deschise, că înălţimea nu mai depinde de rama de formare şi se realizează.şi economie de metal. De cele mai multe ori, maselotele închise au partea superioară semisferică, figura 9.22, caracterizată de raza r şi înălţimea de tăiere h. Maselotele închise ocupă un volum de cca 25 - 50 % din volumul piesei. Pentru micşorarea acestui volum adesea, şi pentru evitarea retasurii, se utilizează maselote cu presiune de gaze. O primă variantă a acestora este maselota sferică cu miez (fig.9.23). In timpul turnării miezul dezvoltă gaze care împing metalul lichid din maselotă în piesă, ceea ce conduce la obţinerea compactităţii acesteia.

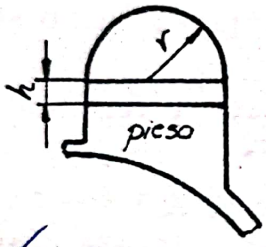


Fig.9.22. Maselotă închisă

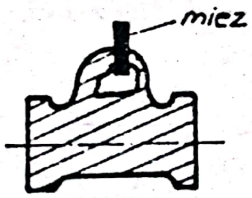


Fig.9.23. Maselotă închisă cu miez

Pe aceeaşi,linie se înscriu şi maselotele cu presiuni ridicate, folosindu-se pentru aceasta cartuşe cu şamotă sau aer comprimat insuflat printr-un tub metalic introdus în formă, în aşa fel încît să pătrundă pînă în mijlocul maselotei. In figura 9.24 se prezintă amplasarea unor maselote deschise şi închise cu presiune de gaze la turnarea unei piese de oţel.

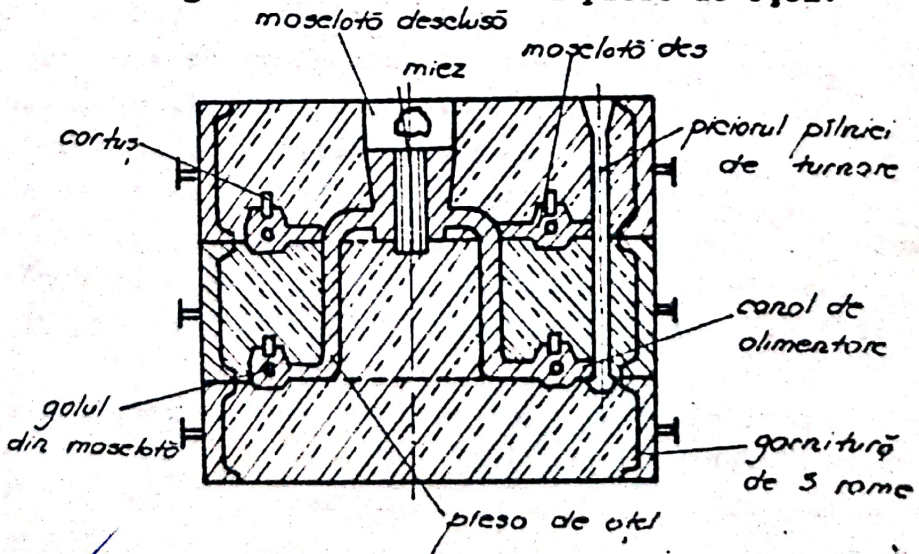


Fig.9.24. Maselote deschise şi închise la turnarea pieselor din oţel

Maselotele ulterior se îndepărtează cu scule aşchietoare sau prin tăiere cu flacără oxiacetilenică, operaţie care necesită un consum apreciabil de manoperă şi materiale.

Pentru uşurarea îndepărtării maselotelor se folosesc aşa numitele maselote strangulate sau uşor detaşabile la care baza maselotei este puternic gîtuită prin introducerea între piesă şi maselotă a unei plăci ceramice subţiri, avînd o gaură în partea ei centrală, figura 9.25.

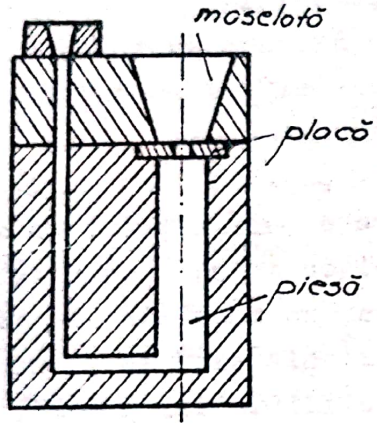


Fig.9.25. Maselotă cu strangulare

O astfel de maselotă poate fi îndepărtată uşor, chiar printr-o lovire puternică de ciocan.

In procesul de solidificare a piesei, pentru a obţine retasura în maselotă şi pentru a evita pericolul formării crăpăturilor de contracţie, se procedează la uniformizarea vitezei de solidificare şi răcire între părţile groase şi subţiri ale piesei prin utilizarea de răcitori metalici incluşi în formă în dreptul părţilor groase. Răcitorii se plasează mai ales în nodurile termice unde nu este posibilă aplicarea maselotelor şi pot fi interiori şi exteriori.

— Răcitorii interiori sînt confecţionaţi din sîrme sau bare de compoziţie chimică asemănătoare sau identică cu a metalului ce se toarnă. Trebuie să fie curaţi (sablaţi), uneori recomandîndu-se în acest scop protejarea suprafeţei lor prin cuprare sau cositorire. Se folosesc în general la piese mici şi mijlocii şi sînt susţinuţi în formă de cîrlige, colţare, cuie şi scoabe, figura 9.26.

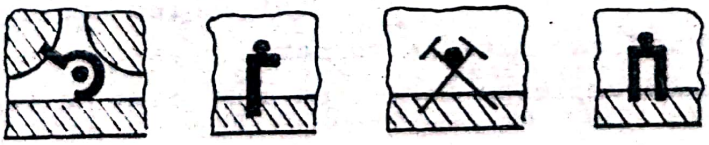


Fig.9.26. Tipuri de susţinere în formă a răcitorilor

In multe cazuri, drept răcitori se folosesc şi cuie de construcţii (fig.9.27-a), sîrme spiralate (fig.9.27-b) sau bare metalice aşezate ca un miez, figura 9.27-c.

Răcitorii interiori rămîn înglobaţi în corpul piesei.

Răcitorii exteriori sînt confecţionaţi din materiale cu conductivitate termică ridicată din oţel (tablă, benzi, profile laminate) pentru cele simple, sau turnaţi din fontă pentru cele complicate. Figura 9.28 arată diverse moduri de montare a răcitorilor exteriori în vecinătatea nodurilor termice din formă. Răcitorii exteriori faţă de cei interiori, sînt recuperabili.

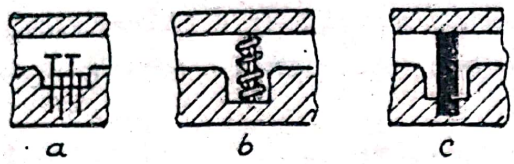


Fig.9.27. Alte tipuri de răcitori interiori

Reţeaua de turnare trebuie astfel concepută încît turnarea să se facă liniştit şi fără vîrtejuri. Pentru o bună alimentare a piesei cu metal lichid este necesar ca maselota să conţină lichid pînă la terminarea solidificării piesei, adică temperatura metalului lichid din maselotă să posede o temperatură cît mai înaltă. Astfel, la turnarea prin sifon, alimentarea suplimentară a maselotei printr-un canal aparte rezolvă problema (fig.9.29), acest canal făcînd legătura directă între piciorul de alimentare şi maselotă. Datorită fluidităţii scăzute, pentru asigurarea umplerii formelor şi separării zgurii mai ales la turnarea pieselor cu pereţi subţiri, se recomandă umplerea formei cu orificiul de fund a oalei de turnare.

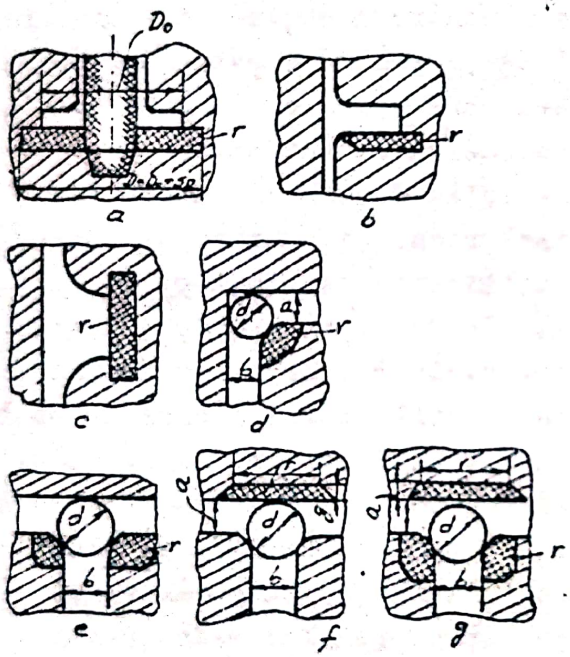


Fig.9.28. Diverse moduri de amplasare a răcitorilor exteriori

Oţelul de obicei se toarnă în forme temporare. Pentru piesele mici de precizie, se aplică însă şi turnarea în coji sau cu modele uşor fuzibile şi mai rar se utilizează turnarea oţelului în cochile sau centrifugal.

Scanned with OKEN Scanner

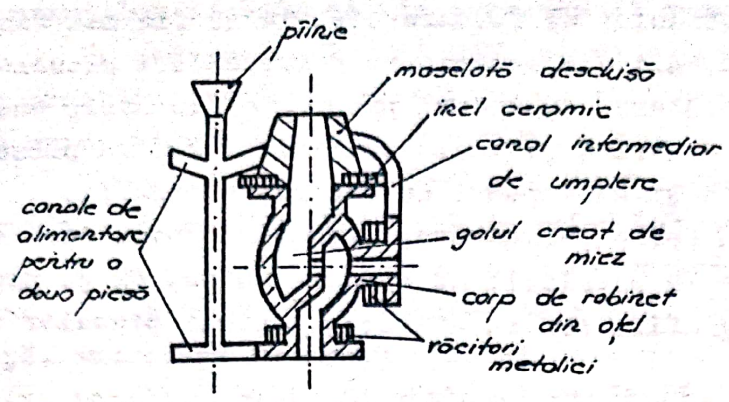


Fig.9.29. Reţeaua de turnare pentru o piesă din oţel

9.6. Elaborarea şi turnarea pieselor din aliaje neferoase

Cele mai importante şi uzuale aliaje neferoase prelucrate prin turnare sînt: - aliajele cuprului, aluminiului, magneziului, aliaje antifricţiune. Turnarea aliajelor neferoase ridică probleme specifice atît în ce priveşte elaborarea cît şi în ce priveşte alegerea materialului de formare, a tehnologiei de formare şi de turnare.

9.6.1. Elaborarea şi turnarea aliajelor de cupru

Din această categorie, cele mai folosite aliaje în turnătorie sînt alamele şi bronzurile.

La elaborarea acestora încărcătura se compune din cupru tehnic, deşeuri topite şi turnate în blocuri, prealiaje de cupru, metale de aliere, dezoxidanţi (cupru fosforos cu 10 % P) şi fondanţi (borax, clorura de sodiu, clorura de bariu, clorura de calciu, silicaţi de sodiu etc), care servesc la formarea unei zguri fluide şi protejarea aliajului contra oxidării, pentru protecţie folosindu-se şi mangalul.

Elaborarea se execută în cuptoare de topire cu creuzet, cuptoare rotative cu flacără, cuptoare electrice cu arc indirect sau cu inducţie. Elaborarea se desfăşoară în faze succesive astfel: după topirea încărcăturii de cupru şi fondanţi se face o dezoxidare cu ajutorul cuprului fosforos care se introduce în baie în proporţie de 0,2 - 0,3 % din greutatea aliajului şi se melanjează intens. Se încarcă apoi elementele sau prealiajele pentru aliere, se amestecă din nou şi se supraîncălzeşte baia pînă la temperatura optimă de turnare.

Turnarea aliajelor de cupru se face atît în forme temporare cît şi în forme permanente. La executarea formelor tempo-

rare granulaţia amestecului de formare trebuie să fie mai fină pentru a se obţine o,calitate superioară a suprafeţei pieselor. Pentru miezuri se folosesc amestecuri preparate din nisip cuarţos fin cu liant de dextrină şi leşie sulfitică. Pentru piesele mari formele se usucă şi se vopsesc cu emulsie de grafit.

La turnarea în forme permanente, suprafaţa interioară a acestora se vopseşte în prealabil cu vopsele de petrol şi negru de fum sau ulei şi grafit, pentru evitarea lipirii piesslor de pereţii formei.

Proprietăţile de turnare a aliajelor de cupru se caracterizează prin temperatură scăzută de topire, fluiditate mars,contracţie mare (1,0 - 1,6 %), oxidare uşoară, tendinţă mare de segregare mai ales la bronzuri.

Evitarea formării retasurilor de contracţie se realizează prin maselotări în părţile masive ale piesei unde se face şi alimentarea, cu maselote destul de mari.

Turnarea se face de la înălţime mică fără întrerupere,asigurîndu-se o umplere liniştită a formei, fără vîrtejuri şi stropi, recomandîndu-se mai ales turnarea prin sifon.

La bronzurile de aluminiu metalul se toarnă de cele mai multe ori prin sifon întrucît acestea au tendinţă mare de oxidare şi se contractă puternic.

Turnarea bronzurilor cu staniu şi plumb reclamă înainte de umplerea formei, să fie amestecată cît mai bine în oală.

Alama, cu conţinut de mangan, trebuie turnată repede pentru evitarea separării oxizilor de zinc şi prevenire a apariţiei defectelor superficiale ale pieselor.

9.6.2. Elaborarea şi turnarea aliajelor de aluminiu

Elaborarea acestor aliaje se face de regulă în cuptoare cu creuzet sau cuptoare electrice cu rezistenţă şi inducţie şi nu în cuptoare cu flacără datorită tendinţei mari de oxidare.

Incărcătura metalică se compune din blocuri de aluminiu, deşeuri proprii de turnătorie (maselote, reţele de turnare, rebuturi), piese uzate şi prealiaje (cu siliciu, cupru, magneziu etc).

La topirea şi turnarea aliajelor de aluminiu apar dificultăţi şi din cauza absorbţiei mari de gaze şi afinităţii faţă de oxigen. Pentru aceasta, se protejează baia topită cu fondanţi sau săruri topite din clorurile şi fluorurile metalelor alcaline (elaborare substrat de fondanţi). Temperatura de topire a

fondanţilor trebuie să fie cuprinsă în general între 500-600°C.

In vederea obţinerii unor piese turnate de bună calitate, se practică metode de elaborare cu rafinarea aliajului lichid, cu gaze, săruri sau prin retopire.

Elaborarea prin rafinare cu gaze constă în amestecarea îngrijită a aliajului încălzit la 660-680°C prin suflare de clor timp de 10 - 14 minute. Clorul reacţionează cu aluminiul, hidrogenul, formînd produse gazoase de $AlCl_3$, HCl şi Cl_2, care se degajă, antrenînd în drumul lor şi alte gaze dizolvate precum şi oxizi (Al_2O_3, SiO_2). In aceleaşi condiţii, se practică şi rafinarea prin suflare cu azot.

Elaborarea prin rafinare cu săruri este similară cu cea de mai sus, numai că în loc de gaze se introduce în baia încălzită pînă la 700°C, $ZnCl_2$, $TiCl_4$ şi bariu clor 3, care reacţionează cu aluminiul formînd produse gazoase de tip $AlCl_3$, care curăţă aliajul.

Elaborarea prin aplicarea retopirii, se practică mai des în cazul cînd încărcătura conţine o cantitate mare de metal utilizat. Procedeul se bazează pe faptul că în timpul solidificării, majoritatea gazelor din metalele neferoase se elimină. La repetarea topirii metalul formează o masă compactă acoperită de zgură iar după a doua topire, aliajul se încălzeşte la temperatura de regim şi se toarnă.

La producţia individuală şi în serie mică, aliajele de aluminiu se toarnă în forme temporare obişnuite iar la producţia de serie mare şi masă, se folosesc forme metalice.

Amestecul de formare trebuie să fie permeabil, compresibil, care să evite contracţia frînată şi apariţia crăpăturilor. Piesele mari se toarnă în forme uscate iar piesele mici în forme crude. Formele metalice înainte de turnare se preîncălzesc la 150 - 300°C.

La turnarea pieselor din aliaj de aluminiu, o mare atenţie trebuie dată executării corecte a reţelelor de turnare şi aşezării maselotelor care uneori depăşesc 50 - 80 % din greutatea piesei turnate. La partea de jos a piciorului de turnare se montează filtre pentru menţinerea zgurii. Canalele de aerisire se dau mai mari pentru a asigura pe lîngă eliminarea gazelor şi rolul de maselotă.

Prin turnarea aliajelor de aluminiu în forme metalice se obţin piese cu proprietăţi mecanice superioare, mai ales în cazul procedeului de turnare sub presiune şi centrifugal.

Scanned with OKEN Scanner

9.6.3. Elaborarea şi turnarea aliajelor de magneziu

Aliajele de magneziu se elaborează în cuptoare electrice cu creuzet metalic, cuptoare cu flacărăr cu creuzet sau în cuptoare speciale cu vid sau atmosferă de gaze protectoare. Creuzetele se fac din oţel moale prin turnare sau sudare cu capacităţi de 50 - 500 kg.

Incărcătura metalică se compune din magneziu tehnic blocuri, deşeuri, piese vechi şi prealiaje sau metale pure pentru aliere. Datorită tendinţei mari de oxidare, elaborarea se face sub strat de fondant alcătuit din cloruri şi fluoruri ale metalelor alcaline. Pentru îmbunătăţirea caracteristicilor aliajului se mai adaugă modificatori de tipul carbonaţi de calciu, de ceriu, zirconiu şi de fier.

La elaborare, în creuzetul preîncălzit, se topeşte mai întîi fondantul, apoi se introduce magneziul şi la sfîrşit prealiajele pentru aliere. După topire, baia se încălzeşte la cca 700°C şi se face rafinarea prin adaos de fondant proaspăt pentru rafinare şi amestecarea băii timp de 5 - 10 minute. La temperatura de 710°C cînd greutatea specifică a fondanţilor devine mai mare ca a aliajului, aceştia coboară pe fundul creuzetului antrenînd şi incluziunile. In final, se adaugă fondant proaspăt şi se supraîncălzeşte aliajul pentru modificarea structurii la 850 - 900°C timp de 10 - 15 minute. Turnarea se face după o răcire care aduce aliajul la temperatura de 700 - 750°C.

Pentru a preveni aprinderea aliajului provocată de oxigenul rezultat din descompunerea apei, amestecurile de formare se prepară cu acid boric (0,25 - 1,0 %) şi sulf (0,25 - 0,30 %).

La uscarea formelor şi miezurilor, acidul boric formează o glazură care izolează metalul de amestecul de formare. In momentul umplerii formei, sulful arde şi formează un strat protector de bioxid de sulf între metal şi creuzet.

Contracţia aliajelor de magneziu este în jur de 1,0-1,9%, ceea ce reclamă miezuri compresibile.

La turnarea în forme permanente, se evită pericolul exploziei şi se obţin piese cu structură fină şi caracteristici mecanice superioare. Alimentarea formei se face cu canale de alimentare multiple care să ducă la umplere şi răcire uniformă. [illegible]emul de umplere trebuie prevăzut cu colector de zgură şi filtre. Prevenirea defectelor cauzate de contracţie se realizează prin amplasarea de mageloţe la partea masivă a pieselor.

Scanned with OKEN Scanner

Turnarea aliajelor de magneziu se execută de la înălţime mică iar protecţia aliajului de contactul cu atmosfera se face prin pudrarea jetului de metal cu pulberi de sulf, care formează un strat de bioxid de sulf protector.

9.6.4. Turnarea aliajelor pentru lagăre

Aliajele pentru lagăre numite şi compoziţii, sînt de două tipuri: pe bază de staniu şi pe bază de plumb.

Topirea acestor aliaje se face de regulă în creuzete de grafit. Temperatura de turnare este de 400 - 500°C la aliajele cu bază de plumb şi sub 300°C pentru aliajele pe bază de staniu.

Turnarea se face de obicei pe carcase de oţel, care în prealabil sînt cositorite pentru a se asigura o aderenţă bună a aliajului pe corpul lagărului.

In ce priveşte bronzurile de lagăr (bronzuri de staniu, de plumb, bronz fosforos), acestea se toarnă individual în carcasă de oţel.

CAP. 10. DEZBATEREA, CURATIREA SI TRATAMENTUL TERMIC AL PIESELOR TURNATE

10.1. Dezbaterea pieselor turnate

Este operaţia de scoatere a piesei turnate din formă şi a miezului din piese.

Această operaţie este dificilă ca urmare a degajării de praf şi gaze şi din cauza radiaţiei pieselor calde.

Dezbaterea se execută după răcirea totală sau parţială (în cazul producţiei de serie). Temperatura maximă admisă la dezbatere depinde de aliajul turnat, materialul formelor şi complexitatea pieselor. Astfel, pentru piesele turnate din fontă în forme temporare, această temperatură este admisă în jurul lui 400 - 350°C. O dezbatere la temperaturi mai înalte poate provoca răcirea prea rapidă şi neuniformă a pieselor turnate şi de aici apariţia de tensiuni mari şi crăpături în piesă.

Dezbaterea se poate efectua manual sau meccanic.

— Dezbaterea manuală se practică la producţia individuală, cînd piesele se scot din forme cu ajutorul unor cîrlige sau răngi, pentru cazul celor mici, iar la piesele mari cu suspendarea formei de cîrligul macaralei sau podului rulant şi aplica-

rea de lovituri ramei cu ciocanul şi cu răngi amestecului de formare.

Dezbaterea mecanică se aplică în producţia de serie mare şi de masă, folosindu-se în acest scop diverse utilaje şi instalaţii cum sînt: - traverse vibratoare; - grătare vibratoare pneumatice; - grătare mecanice cu comandă prin came sau contragreutăţi excentrice; - grătare vibratoare electromagnetice; - dezbatere hidraulică a miezurilor, maşini mecanice pentru dezbaterea miezurilor.

Traverse vibratoare. Sînt instalaţii cu două vibratoare pneumatice (2), suspendate pe traversa macaralei (1), fig.10.1.

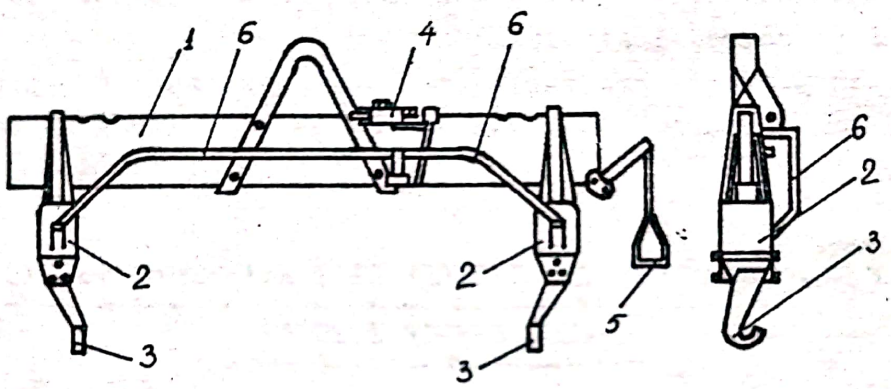


Fig.10.1. T r a v e r s ă v i b r a t o a r e.
1 - traversă; 2 - vibratoare pneumatice;
3 - cîrlige; 4 - supapă de comandă; 5 - mîner de comandă; 6 - conductă pentru aer

Forma se prinde de aceste vibratoare în cîrligele (3). Cu ajutorul mînerului (5) se deschide supapa de admisie a aerului, care pătrunzînd în vibrator, prin vibrare scutură forma. Traversele vibratoare se folosesc pentru dezbaterea formelor mari la producţia de serie mică.

La producţia de serie mare, dezbatereą se face cu grătare vibratoare de diverse tipuri:

Dezbaterea pe grătare pneumatice este mult utilizată în turnătoriile mecanizate, schema de principiu a unui asemenea utilaj fiind dată în figura 10.2.

Dezbaterea pe grătare vibratoare mecanice. Aceste maşini de dezbătut sînt montate deasupra unei benzi care transportă amestecul dezbătut din formă, la staţia de preparare a amestecului ars, pentru reutilizare.

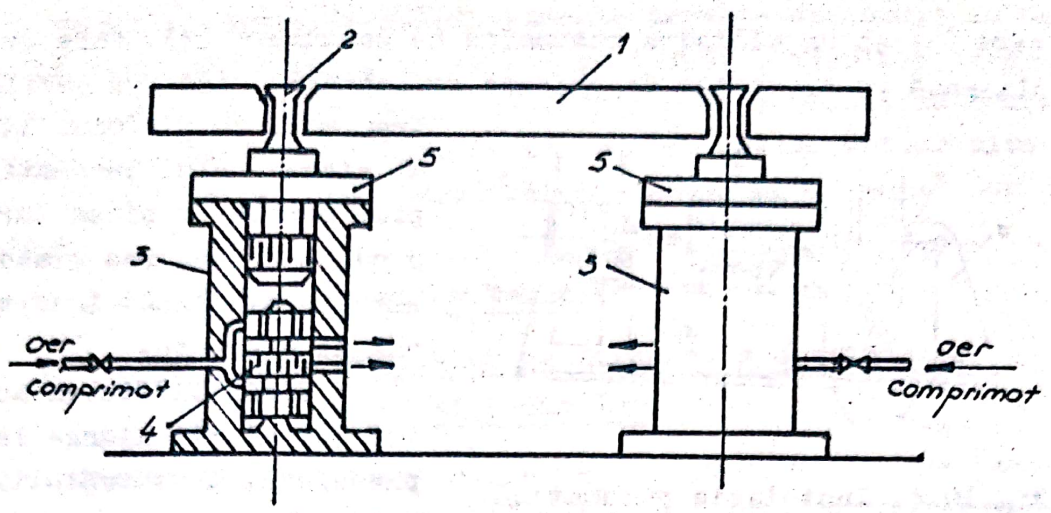


Fig.10.2. G r ă t a r p n e u m a t i c.
1 - grătar; 2 - suport; 3 - cilindri;
4 - pistoane libere (sertoraş); 5 - piese
de goc

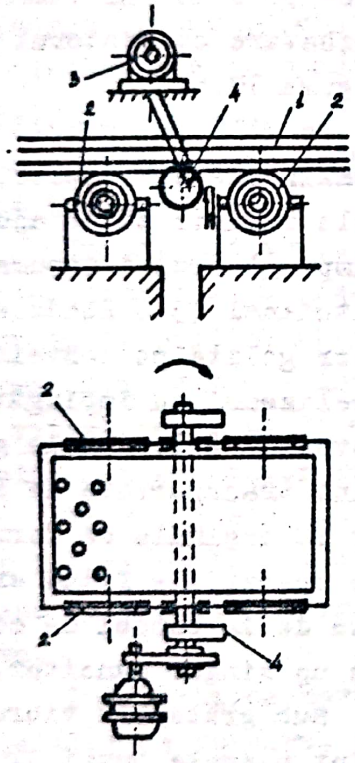


Fig.10.3. Vibrator mecanic.
1-grătar; 2-role; 3-motor;
4-came

Dezbaterea hidraulică se aplică pieselor mari şi miezurilor. Piesele se aşează pe o masă rotativă, într-o încăpere închisă peste care se trimite un jet puternic de apă la presiunea 25 - 100 daN/cm^2. Metoda permite regenerarea unei părţi importante a amestecului de miez şi prezintă avantajul că nu se formează praf iar randamentul procedeului este ridicat.

Dezbaterea mecanică a miezurilor. La piesele turnate individual şi în serie mică, miezurile se dezbat cu ajutorul dălţilor sau răngilor manevrate manual. In acelaşi scop se folosesc şi ciocanele pneumatice, traversele vibratoare etc. La piesele mici cu lianţi organici în miezuri, dezbaterea acestora din urmă se face direct pe grătar la dezbaterea piesei din formă. La dezbaterea pieselor mijlocii şi mari, dezbatereq miezurilor se face cu ajutorul maşinilor speciale de tip pneumatic, figura 10.4.

Instalaţia pneumatică este prevăzută cu un piston de strîn-

gaze (3) şi un cilindru pneumatic de scuturare (4), care se deplasează pe un sistem de ghidaje orizontale. Mişcarea pscilantă transmisă la pistonul liber al vibratorului pneumatic prin berbec la piesa turnată, produce dezbaterea miezurilor, materialul căzînd într-un buncăr de evacuare.

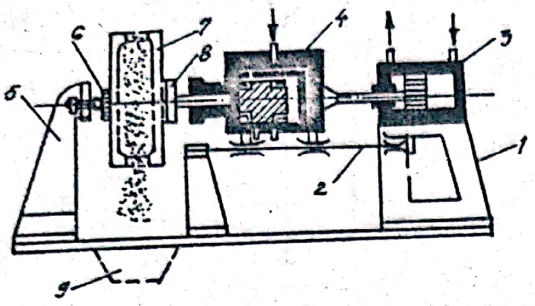


Fig.10.4. Instalaţie pneumatică de dezbatere a miezurilor.
1-batiul maşinii; 2-bare de ghidare; 3-cilindru pneumatic pentru strîngerea piesei; 4-vibrator pneumatic; 5-reazem fix; 6-reazem cu arcuri; 7-piesa; 8-berbec; 9-buncăr de evacuare

Productivitatea acestor instalaţii ajunge la 120 piese/oră. In turnătoriile moderne cu conveior, dezbaterea este mecanizată, formele fiind în mişcare lentă sînt împinse pe grătarul vibrator de dezbatere cu ajutorul unui împingător pneumatic transversal, figura 10.5.

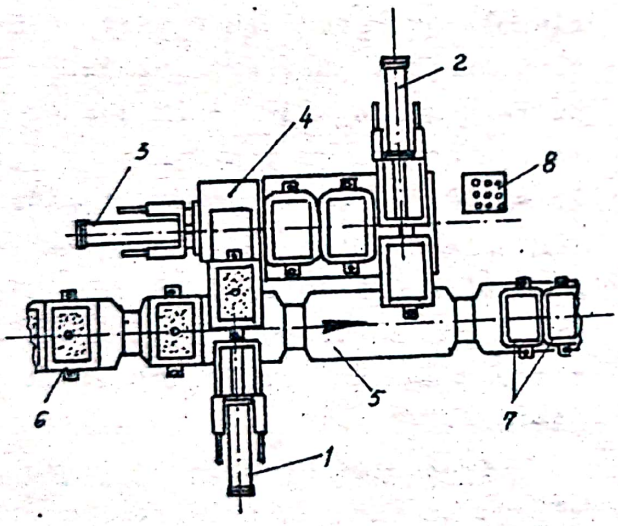


Fig.10.5. Mecanizarea dezbaterii într-o turnătorie cu conveior.
1,2-împingătoare; 3-împingător longitudinal; 4-grătar vibrator; 5-conveior; 6-forme răcite; 7-rame; 8-panou de comandă

Pe grătarul vibrator se realizează dezbaterea,iar formele înaintează cu ajutorul împingătorului pneumatic longitudinal (3). Readucerea ramelor golite pe conveior se realizează cu împingătorul transversal (2). Ramele golite sînt transportate de conveior la maşinile de format, toate operaţiile fiind executate de la panoul de comandă de un singur muncitpr.

Sub grătarele vibratoare sînt plasate benzi transportoare care conduc amestecul dezbătut la secţia de preparare amestec ars. Pentru îmbunătăţirea condiţiilor de muncă în secţiile de dezbatere, se tinde spre automatizarea completă a operaţiunilor, pentru a proteja muncitorii de noxele de praf şi gaze, precum şi de vibraţiile puternice ale grătarelor şi instalaţiilor de dezbatere care solicită intens sistemul nervos.

După dezbaterea formelor, piesele turnate dezbătute au bavuri în planul de separaţie, reţele de turnare, maselote care fac corp comun cu piesa iar pe suprafaţa piesei există aderenţe de nisip ars. Inainte de livrare în vederea prelucrărilor ulterioare, pieselor se supun curăţirii şi îndepărtării capetelor pierdute.

10.2. Curăţirea pieselor turnate

a - Indepărtarea reţelelor de turnare, a maselotelor şi bavurilor

Indepărtarea reţelelor de turnare şi maselotelor se face diferit, în funcţie de natura aliajului din care se toarnă piesa.

Astfel, în cazul pieselor turnate din fontă, acestea pot fi îndepărtate prin lovituri bine dirijate de ciocan, iar pentru aliajele tenace (oţel, aliaje neferoase), îndepărtarea se face cu fierăstraie cu bandă sau circulare. La piesele mari de oţel reţelele şi maselotele se îndepărtează prin tăiere cu flacără oxiacetilenică sau cu ajutorul discurilor fără dinţi de turaţie mare (cca 140 m/s).

In acelaşi scop, mai sînt folosite şi fierăstraiele mecanico-electrice. In acest caz, piesa şi discul-sculă sînt fixate într-un dispozitiv de prindere şi legate la bornele unui transformator de curent. Intre piesă şi sculă (disc), care se roteşte cu viteză mare, se formează un arc electric care permite tăierea rapidă a elementelor reţelelor de turnare şi maselotelor.

In cazul pieselor mici din oţel şi aliaje neferoase se pot folosi pentru tăierea reţelelor de turnare şi maselotelor, prese cu excentric, prin operaţia simplă de tăiere prin forfecare.

Indepărtarea bavurilor şi netezirea zonelor de tăiere a reţelelor de turnare, se poate face cu dălţi manuale sau pneumatice şi polizoare de diferite tipuri. Curăţirea cu dălţi pneumatice este mai rar folosită ca urmare a zgomotului şi vibraţiilor.

Pentru curăţirea pieselor mici frecvent se folosesc polizoare staţionare cu două discuri abrazive protejate cu carcasă de tablă şi prevăzute cu sistem de aspirare a prafului. Diametrul iniţial al discurilor abrazive este de 500 - 600 mm, iar viteza lor periferică atinge 25 - 30 m/s.

La curăţirea pieselor mijlocii şi mari se folosesc cu succes polizoarele pendulare suspendate deasupra pieselor supuse curăţirii, conform schemei din figura 10.6. Pentru curăţirea cavităţilor interioare în cazul pieselor mari, se folosesc polizoare portative cu ax flexibil, la care discul abraziv este rotit de o mică turbină acţionată cu aer comprimat la 5-6 daN/cm^2. Diametrul iniţial al discurilor abrazive este de 150 - 200 mm şi în funcţie de tipul cavităţilor de curăţat se folosesc şi alte forme de discuri la dimensiuni mai mici.

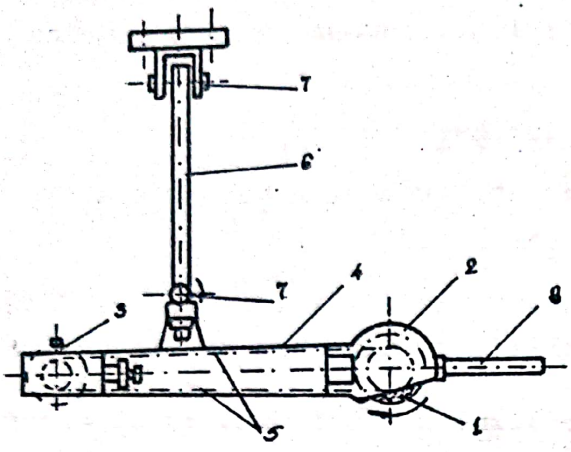


Fig.10.6. Polizor pendular pentru curăţirea pieselor turnate.
1-disc abraziv; 2-carcasă; 3-motor; 4-braţ pendular; 5-curele trapezoidale; 6-tijă; 7-articulaţii; 8-mîner

In turnătoriile moderne, se mecanizează şi această operaţiune, folosindu-se maşini semiautomate sau automate.

b - <u>Curăţirea pieselor turnate de aderenţe</u>

Indepărtarea nisipului ars sub formă de aderenţe pe suprafeţele pieselor turnate, se poate face manual sau mecanic.

<u>Curăţirea manuală</u> se execută cu perii de sîrmă, ciocane pneumatice, cu daltă sau prin lovirea piesei cu ciocanul, acest mod de curăţire fiind de calitate slabă şi redusă.

<u>Curăţirea mecanică</u> (mecanizată) se efectuează în instalaţii de curăţire de diferite tipuri şi diferite moduri:

- tobe rotative;
- aparate de sablaj cu aer comprimat; cu alice sau nisip;
- aparate de sablat prin proiectare de alice;
- aparate de sablat hidraulice;
- tunele de curăţire;
- curăţirea pieselor pe cale chimică.

<u>Tobele rotative de curăţire</u> sînt aparate care curăţă piesele prin frecare, fiind utilizate la curăţirea pieselor mici şi cu pereţi nu prea subţiri. Tobele rotative au o formă cilindrică, figura 10.7, sau uneori prismatică, cu dimensiuni de la cca 800 - 1500 mm, la 1500 - 2500 mm. Ele se rotesc cu 20 - 60

ture/minut. Toba se încarcă la cca 3/4 din volum cu piese şi cu bucăţi mici de fontă albă (steluţe), de dimensiuni 20 - 65 mm în proporţie de 30 - 35 % din greutatea pieselor.

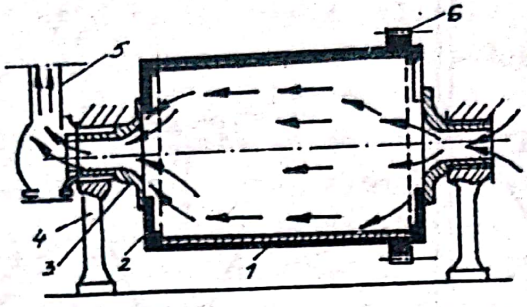


Fig.10.7. Tobă rotativă de curăţire a pisselor turnate.
1 - manta din tablă de oţel; 2 - pereţi frontali turnaţi; 3 - axe găurite; 4 - supertul de lagăre; 5 - tub colector pentru trecerea prafului la filtru; 6-coroană dinţată

Prin învîrtirea tobei, piesele şi steluţele se rostogolesc, se freacă între ele şi produc curăţirea pieselor. Durata unui ciclu de curăţire este de 0,5 - 1,5 ore. După curţire, piesele capătă o suprafaţă metalică curată mată.

In turnătoriile moderne, tobele de curăţire sînt combinate cu vibratoare.

Aparate de sablat cu aer comprimat, alice şi nisip

In acest caz, curăţirea se face prin suflare asupra piesei a unuimjet de nisip sau de alice de fontă, cu ajutorul aerului comprimat. In cazul folosirii nisipului, presiunea aerului este de 2 - 4 daN/cm^2 iar la alicele de fontă de 5 - 7 daN/cm^2.

Curăţirea se efectuează în instalaţii închise sau în camere speciale de sablaj.

In figura 10.8 se prezintă schema unei instalaţii de sablaj cu jet de nisip iar în figura 10.9 a unei instalaţii semiautomate de sablaj cu nisip sau alice, cu bandă transportoare grătar, care în timpul funcţionării instalaţiei amestecă prin rostogolire încărcătura de piese turnate, de dimensiuni mici asigurînd astfel curăţirea pieselor din toate direcţiile.

După curăţire, prin schimbarea sensului de mişcare a benzii, se realizează descărcarea automată a pieselor din instalaţie. Ambele instalaţii prezentate mai sus, sînt ermetic închise, uga deschizîndu-se numai în perioadele de încărcare, respectiv descărcare.

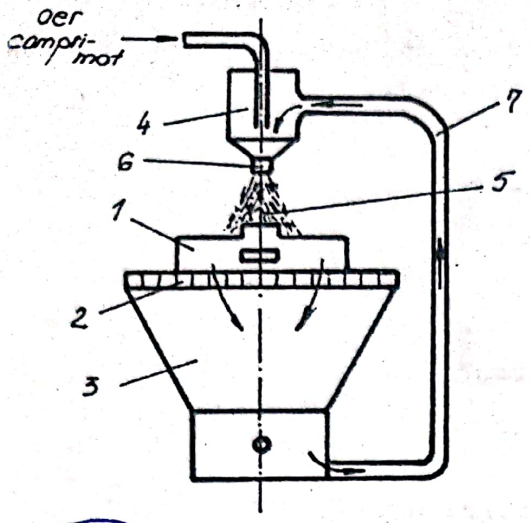


Fig.10.8. Schema de principiu a unei instalaţii de sablaj.
1-piesa turnată; 2-grătar; 3-buncăr; 4-cameră de amestec; 5-jet de nisip; 6-dîză; 7-sistem de recirculare nisip

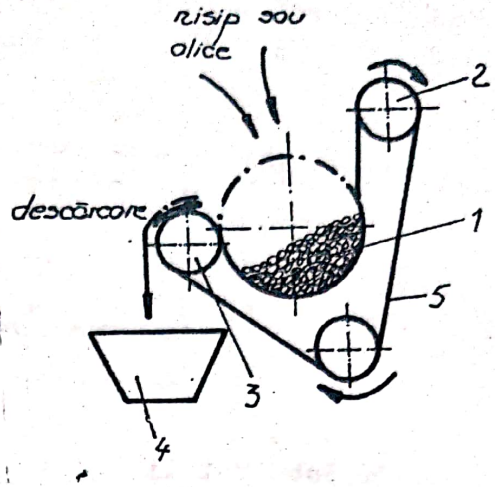


Fig.10.9. Schema unei instalaţii semiautomate de sablaj.
1-piese; 2-rolă de antrenare; 3-role; 4-cutia de transport; 5-banda grătar

Aparate de sablat cu proiectare de alice. Acestea înlocuiesc sablarea prin suflare, curăţirea realizîndu-se prin proiectarea centrifugală a aliselor cu ajutorul unui cap aruncător.

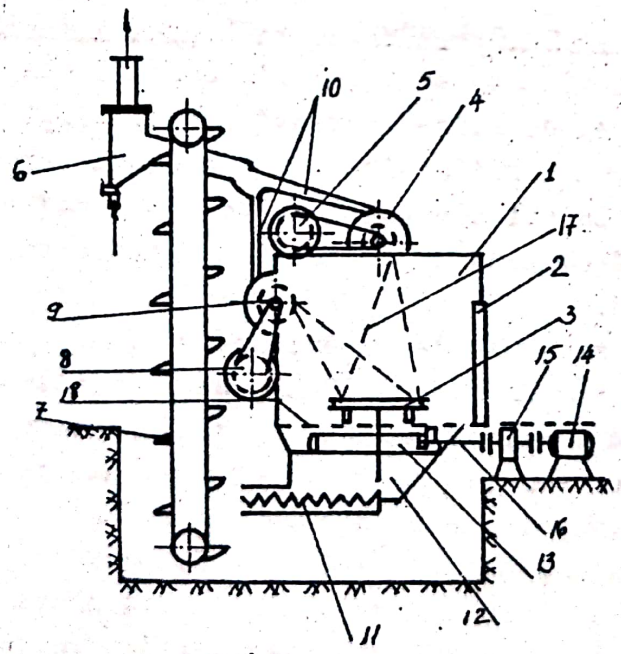


Fig.10.10. Cameră de curăţire prin sablaj cu alice.
1 - cameră; 2 - uşă; 3 - cărucior; 4 - cap aruncător I; 5- motor electric; 6 - separator de praf; 7 - elevator cu cupe; 8 - motor; 9 - cap aruncător II; 10 - conducte de alimentare cu alice; 11 - transportor cu melc; 12-buncăr; 13-platformă rotativă; 14-motor; 15-reductor; 16-ax de antrenare; 7-jet de alice; 18 - grătar

In figur 10.10 se prezintă schema unei camere de curăţire pentru piese mari cu ajutorul alicelor aruncate de două turbine.

Piesele sînt aşezate pe un căruior care se află pe o platformă rotativă, pus în mişcare de către un motor electric prin intermediul unui reductor şi cuplaj elastic. Camera este blindată, cu plăci de oţel manganos sau din fontă albă. Alicele, după ce lovesc piesele, cad prin grătarul de la baza camerei într-un buncăr, de unde sînt evacuate de către un transportor cu melc şi ridicate de un elevator cu cupe, ajungînd într-un separator de praf evacuat cu ajutorul unui ventilator şi la un sistem de filtrare iar alicele sînt reintroduse în circuit.

Aparate de sablat hidraulic. Curăţirea hidraulică se efectuează cu un jet de apă cu presiunea de 80 - 120 daN/cm^2 şi se foloseşte în cazul pieselor mari. Instalaţiile moderne de curăţire hidraulică combină jetul de apă cu jetul de nisip şi astfel acţiunea de curăţire este mult îmbunătăţită. Un avantaj important al procedeului hidraulic de curăţire, îl constituie faptul că nu se produce praf, în schimb, dacă piesele nu se usucă, se corodează rapid.

Tunele de curăţire. Sînt cele mai moderne agregate de curăţire, echipate cu 2 - 6 capete aruncătoare de alice. Piesele se deplasează prin tunel suspendate pe un lanţ transportor cu mişcare intermitentă. Cînd o piesă ajunge în zona jetului de alice, lanţul transportor se opreşte şi un mecanism va roti piesa timp de 30-40 s în jurul axului ei vertical. Sînt agregate de mare productivitate (20 - 60 tone de piese turnate pe oră).

Curăţirea pieselor pe cale chimică, se aplică, după caz, prin decapare în băi de acid sulfuric diluat sau menţinînd piesele fie în topituri de KOH sau NaOH, fie în soluţiile apoase ale acestor substanţe. După decapare, se face o spălare şi neutralizare. Modern, în ultima vreme, se introduce şi metoda curăţirii electrochimice a pieselor turnate.

10.3. Tratamentul termic al pieselor turnate

Pentru îmbunătăţirea caracteristicilor mecanice şi proprietăţilor de prelucrare prin aşchiere, anumite categorii de piese turnate sînt supuse unor operaţii de tratament termic în funcţie de natura aliajului şi scopul urmărit.

Astfel, în cazul pieselor turnate din fontă, se pot aplica următoarele tratamente:

- recoacerea pentru detensionare în scopul eliminării tensiu-

nilor interne remantente rezultate în procesul de răcire după solidificare. Acest tratament constă într-o încălzire de cca 550°C timp de 3 - 5 ore, urmată de răcire lentă.

- Recoacerea pentru înmuiere, se aplică îndeosebi pentru descompunerea cementitei libere din structura fontei şi pentru îmbunătăţirea prelucrabilităţii prin aşchiere a unor piese turnate din fontă cenuşie perlitică. Tratamentul constă dintr-o încălzire la cca 900°C timp de 1 - 3 ore, urmată de răcire lentă.

- Normalizarea, pentru îmbunătăţirea caracteristicilor mecanice ale pieselor turnate brut. Constă dintr-o încălzire la 860 - 950°C timp de 1 - 3 ore pentru fiecare 25 mm grosime de perete piesă urmată de o răcire în aer.

Un alt tratament termic aplicat pieselor turnate din fonte albe, este recoacerea de maleabilizare, tratament care face parte integrantă din tehnologia de fabricare a acestui tip de fontă.

— <u>In cazul pieselor turnate din oţel</u>, acestea prezintă o structură grosolană, neuniformă, cu tensiuni interne pronunţate. Pentru eliminarea acestor neajunsuri şi obţinerea unor proprietăţi mecanice optime, este recomandabil să fie supuse unui tratament de recoacere corespunzător. Acest tratament constă de regulă dintr-o încălzire lentă pînă la 700 - 900°C, o menţinere la această temperatură timp de 1 oră pentru fiecare 35 - 50 mm grosime perete, urmată de o răcire în cuptor pînă la 400°C şi apoi în aer.

— <u>In cazul pieselor turnate din aliaje neferoase</u>, se aplică, de asemeni, tratamente termice pentru îmbunătăţirea proprietăţilor mecanice ca şi pentru eliminarea tensiunilor interne remanente.

Astfel, piesele turnate din aliaje de aluminiu şi de magneziu pot fi supuse tratamentului termic de călire urmată de îmbătrînire. Temperatura de călire la piesele din aluminiu este de 500 - 510°C, iar la piesele din aliaje de magneziu 415°C. Răcirea se face în punctul de destinaţie şi complexitatea piesei, în aer liniştit, în apă la 70°C sau la 20°C, cu jet de abur sau în curent de aer rece.

Imbătrînirea constă în încălzirea pieselor din aliaje de aluminiu la 150 - 290°C, timp de 1 - 20 ore şi a pieselor din aliaje de magneziu la 175°C timp de 16 - 18 ore, în funcţie de calitatea aliajului şi dimensiunile piesei turnate.

Scanned with OKEN Scanner

Prin îmbătrînire, compuşii chimici sînt precipitaţi din soluţia solidă suprasaturată obţinută prin călire, sub formă globulară, mărind duritatea şi rezistenţa aliajului.

Uneori piesele turnate din aceste aliaje sînt supuse unei recoaceri cu scopul de a înlătura tensiunile interne şi a mări plasticitatea.

In cazul pieselor din aliaje de aluminiu, recoacerea constă în încălzirea pieselor la 350 - 400°C iar la cele din magneziu la 250 - 300°C, urmată de o răcire înceată.

Bronzurile obişnuite se tratează rar. Totuşi, pentru mărirea alungirii şi a rezistenţei la tracţiune în dauna rezistenţei la uzare, bronzurile cu staniu, zinc, plumb, se încălzesc la 700°C.

Alamele se supun numai la tratamentul de recoacere la temperaturi cuprinse între 600 - 700°C.

CAP.11. METODE SPECIALE DE FORMARE ŞI TURNARE

Prin metode speciale de formare şi turnare se înţeleg acele metode care sînt caracterizate prin particularităţi tehnologice deosebite faţă de metodele clasice de formare şi turnare a pieselor în forme temporare din amestec de formare.

Metodele speciale de formare şi turnare s-au dezvoltat cu scopul de a îmbunătăţi proprietăţile pieselor turnate, de a mări precizia dimensională a acestora, de a mări productivitatea turnării, de a rentabiliza execuţia pieselor prin turnare şi de a extinde în acest sens domeniul de aplicabilitate a turnătoriei.

Cele mai importante şi mai uzuale metode speciale de formare şi turnare se împart în două grupe:

- metode de turnare în forme permanente;
- metode de formare şi turnare speciale în forme temporare.

11.1. Metode de turnare în forme permanente

Pentru a înţelege eficacitatea acestor metode, să analizăm mai întîi dezavantajele metodelor clasice de formare şi turnare în forme temporare din amestec de formare cu nisip cuarţos şi argilă - metoda clasică:

- formele pot fi folosite la o singură turnare;
- piesele obţinute au o precizie mică, adaos de prelucrare mare, consum specific de metal mare, consum de timp şi combusti-

bil la topire mare şi un volum mare de prelucrări prin aşchiere;

- executarea formelor necesită multă manoperă;
- structura metalului pieselor turnate neuniformă, cu granulaţie mare.

In raport cu turnarea în forme temporare, turnarea în forme permanente, (durabile) în majoritatea lor din metale sau aliaje, prezintă următoarele avantaje:

- îmbunătăţirea caracteristicilor mecanice ale pieselor turnate, cu 10 - 30 %;
- îmbunătăţirea preciziei dimensionale şi calităţii suprafeţelor turnate;
- reducerea cu 50 - 60 % a manoperei de formare a adaosurilor de prelucrare şi rebuturilor;
- reducerea consumului de materiale de formare şi miezuire;
- îmbunătăţirea indicatorilor tehnico-economici ai producţiei;
- asigurarea unor condiţii de muncă mai bune;
- reducerea preţului de cost la piesele turnate.

Dintre dezavantajele acestor metode, amintim:

- costul ridicat al confecţionării formelor, cînd acestea se justifică numai în prpducţia de serie mare şi de masă;
- conductivitatea termică ridicată a materialului formei determină pierderea rapidă a fluidităţii metalului, ceea ce duce la o umplere dificilă a detaliilor subţiri precum şi la albirea superficială a pieselor din fontă cu consecinţe nefavorabile asupra prelucrabilităţii în continuare;
- forma nu este compresibilă, ceea ce măreşte tendinţa de formare a crăpăturilor în piesele turnate.

In cazul formelor permanente, trebuie urmărite două aspecte tehnologice fundamentale:

- asigurarea evacuării uşoare a aerului şi a altor gaze din formă, pe măsura introducerii metalului lichid, care aglomerate şi închise în formă, ar conduce la frînarea umplerii cavităţii formei. Pentru aceasta, se prevăd în construcţia formei permanente dimensionate corespunzător, canale de aerisire şi răsuflătâri;
- asigurarea unei corelaţii corespunzătoare între temperatura materialului care se toarnă şi temperatura de topire a materialului formei-

Această problemă se rezolvă prin determinarea temperaturii la interfaţa metal-lichid-formă în procesul umplerii formei şi

dirijarea acesteia în timpul constituirii piesei turnate.

Pe baza calculelor de transmitere a căldurii, se deduce că temperatura în momentul primului contact la interfaţa metal-lichid-formă, are expresia:

$$\theta_o = \frac{\theta_1 \sqrt{\lambda_1 \cdot C_1 \cdot \gamma_1} + \theta_2 \sqrt{\lambda_2 \cdot C_2 \cdot \gamma_2}}{\sqrt{\lambda_1 \cdot C_1 \cdot \gamma_1} + \sqrt{\lambda_2 \cdot C_2 \cdot \gamma_2}}$$

în care: $\theta_1 \theta_2$ sînt temperaturile iniţiale ale metalelor puse în contact; $\lambda_1 \lambda_2$ - conductivităţile termice; $C_1 C_2$ - căldurile specifice; $\gamma_1 \gamma_2$ - greutăţile specifice ale celor două metale.

Considerînd, pentru exemplificare, turnarea unui oţel lichid cu $\theta_1 = 1500^oC$, într-o formă metalică de cupru, preîncălzită la $\theta_2 = 200^oC$, se obţine $\theta_o = 500^oC$, valoare cu mult inferioară temperaturii de topire a cuprului.

Pentru ca temperatura formei la suprafaţa de separaţie cu piesa turnată să nu crească în raport cu temperatura iniţială θ_o, se impune ca în timpul răcirii metalului lichid, fluxul de căldură transmis de la metalul lichid la formă, să fie mai mic sau cel mult egal cu fluxul de căldură cedat de formă mediului înconjurător.

Condiţia de mai sus se realizează în practică în baza următoarelor măsuri:

- acoperirea suprafeţei interioare a formei metalice cu un strat izolator de material refractar, de grosime corespunzătoare;
- modificarea dirijată a temperaturii mediului de la suprafaţa exterioară a formei.

Procesul tehnologic de obţinere a formelor de turnare în forme permanente poate fi de următoarele tipuri: - cu turnare statică în forme metalice; - cu turnare sub presiune; - cu turnare centrifugală; - cu turnare continuă; - cu turnare prin aspiraţie sub vid; - prin turnare în vid etc.

11.1.1. Turnarea statică în forme permanente (cochile)

Formele de turnare metalice în care introducerea metalului lichid se face exclusiv sub acţiunea forţelor gravitaţionale, se numesc cochile. In timpul turnării aceste forme sînt statice şi au mare întrebuinţare la turnarea pieselor din aliaje neferoase şi din fontă iar în ultimul timp şi la turnarea oţelului.

Construcţia cochililor este funcţie de mărimea şi configu-

raţia piesei turnate, de aliajul folosit şi caracterul producţiei. Astfel:

- pentru piese mici şi uşoare se construiesc fără plan de separaţie sau cu plan de separaţie vertical;
- pentru piese de dimensiuni şi masă mari, se constuiesc cu plan de separaţie vertical;
- iar pentru piesele de configraţie complexă, cu plane frînte.

Precizia de execuţie a formei permanente depinde de precizia cerută piesei turnate.

Datorită faptului că la turnarea în forme metalice viteza de răcire este mult prea mare, piesele care se toarnă trebuie să posede grosimi de perete suficient de mari pentru asigurarea umplerii complete a cavităţii formei. De asemenea, piesele trebuie să aibă cît mai puţine adînciturі, proeminenţe sau colţuri ascuţite, pentru a nu împiedeca extragerea piesei din formă. Din acelaşi motiv, pereţii pieselor şi ai formelor metalice trebuie să fie înclinaţi între 0,3 - 5,0°.

Razele de racordare se iau mult mai mari decît la formele temporare, pentru a preveni apariţia crăpăturilor. Adaosurile de prelucrare se iau de cîteva ori mai mici decît la turnarea în forme temporare.

Pentru piese mici de precizie ridicată, care nu se prelucrează ulterior, suprafaţa activă a cochililor se realizează cu ajutorul unei pastile cu durabilitate ridicată, care se înlocuieşte pe măsura uzurii, păstrîndu-se forma geometrică a piesei şi dimensiunile necesare. In producţia de serie mică, există tendinţa aplicării unei cochilii universale realizată din elemente tipizate amovibile.

Pentru obţinerea golurilor interioare în piesele turnate,se folosesc miezuri obişnuite din amestec de miez (la fonte şi oţeluri turnate) sau miezuri metalice (la turnarea neferoaselor).

In cazul folosirii miezurilor metalice necompresibile, acestea trebuiesc scoase din formă imediat după solidificarea piesei, pentru a preîntîmpina formarea crăpăturilor la cald.

Ca urmare a contracţiei, în cazul pieselor complicate sau cînd se toarnă mai multe piese în aceeaşi formă, apare dificultatea extragerii lor din formă. Uşurarea operaţiei de scoatere a pieselor din formă se face cu ajutorul unor extractoare acţionate cu pîrghii, cu şurub, cu excentric, pneumatic sau hidraulic.

Alimentarea cu metal lichid a cochililor se asigură printr-o

reţea de turnare plasată în planul de separaţie (figura 11.1). Pentru evacuarea gazelor sînt prevăzute canale de aerisire cu diametrul de 0,2 - 0,5 mm şi răsuflători. Poziţia piesei în forma metalică trebuie astfel aleasă încît să se asigure umplerea liniştită a formei, să se evite formarea de noduri termice care duc la supraîncălzirea locală a formei. Piesele se pot turna în poziţie verticală sau orizontală.

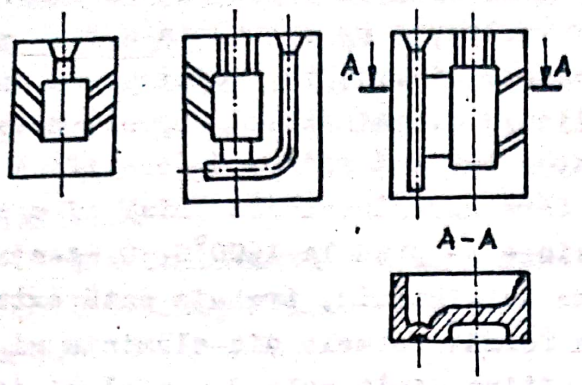


Fig.11.1. Reţele de turnare la turnarea în cochile

In figura 11.2 este prezentată schematic o cochilă cu miezuri metalice pentru turnarea pistoanelor din aliaje de aluminiu.

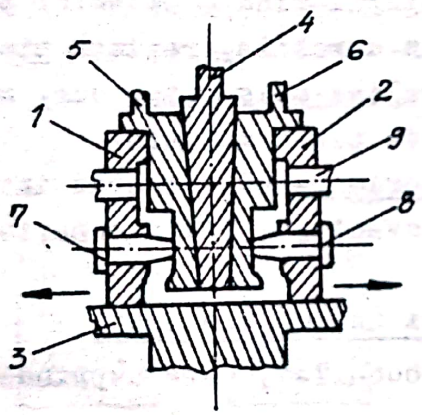


Fig.11.2. Cochilă cu miezuri metalice pentru turnarea pistoanelor din aliaje de aluminiu
1,2-semiforme; 3-placă de bază; 4,5,6,7,8-miezuri; 9-tije aruncătoare

Corpul cochilei este realizat din trei părţi (1,2,3). După solidificarea piesei turnate se extrag în ordine miezurile 4,5,6. Se demontează cochila prin deplasarea părţilor 1 şi 2 în sensurile indicate de săgeţi, cu extragerea simultană şi a miezurilor 7 şi 8. Dezbaterea pistonului este uşurată şi de acţiunea în sens invers a tijelor aruncătoare 9.

La alegerea materialului pentru execuţia cochilelor se ţine cont de natura aliajului şi mărimea piesei ce se toarnă. Ele trebuie executate din aliaje care să reziste la şocurile termice şi acţiunea corozivă a metalului turnat. După caz, corespund acestor scopuri, materialele: fonta perlitică, fonta feritică, oţelurile aliate cu crom, molibden, nichel, wolfram rezistente la temperaturi ridicate. Miezurile metalice se execută din oţeluri refractare cu Cr, Ni, şi Mo; cu Cr şi W sau cu Cr, Mn şi Si.

La confecţionarea cochilelor se folosesc şi metale şi aliaje neferoase, cum sînt cuprul şi aliajele lui, în ultima vreme

aceste aliaje fiind extinse de la turnarea neferoaselor şi la turnarea unor fonte şi oţeluri. Aceasta este posibil ca urmare a oxidării anodice la Al_2O_3 în peliculă pe suprafaţa activă a cochilei, oxid cu refractaritate ridicată, împiedicîndu-se contactul direct între metalul lichid şi materialul formei, materialul care prin conductivitatea termică ridicată (specifică aluminiului), admite turnarea fără supraîncălzire chiar şi a oţelurilor cu temperatura de fuziune de pînă la 1600°C. O atenţie deosebită la turnarea în forme de aluminiu, trebuie dată extragerii imediate a pieselor din formă. Formele din aluminiu şi aliaje din aluminiu sînt mai ieftine decît cele din otel şi devin rentabile chiar dacă rezistă la numai 200 - 300 turnări.

Actualmente, la confecţionarea formelor permanente, se folosesc şi alte materiale cum sînt grafitul şi metaloceramicele.

Formele de grafit se toarnă în special pentru piese de precizie. Răcirea rapidă în aceste forme conduc la proprietăţi mecanice ridicate ca urmare a structurii fine a piesslor turnate. Formele de grafit sînt mai puţin durabile, rezistă pînă la cca 500 turnări faţă de formele metalice obişnuite, care merg pînă la cîteva mii sau zeci de mii de piese turnate.

Formele din materiale metaloceramice sînt recent introduse în practica turnării prin unele avantaje, fiind superioare formelor metalice.

Fazele principale ale turnării în cochile sînt:

1 - Pregătirea şi asamblarea cochilei, care cuprinde următoarele operaţii:

- verificarea stării suprafeţelor interioare şi de separaţie;
- acoperirea suprafeţelor active cu un strat de material refractar de 0,1 -2,0 mm grosime, odată sau de două ori pe schimb. In acest scop serveşte grafitul, argila refractară, făina de cuarţ, şamota măcinată cu sticlă solubilă, leşie sulfitică sau uleiuri minerale. Inainte de fiecare turnare, suprafeţele active se vopsesc cu substanţe fluide pe bază de petrol, grăsimi animale, oxid de zinc, capabile să dezvolte gaze în contact cu metalul lichid;
- preîncălzirea cochilei la 100 - 450°C cu scopul eliminării umidităţii din porii cochilei şi vopselei, evitîndu-se împroşcarea cu metal datorită vaporizării explozive. Preîncălzirea urmăreşte de asemenea, îmbunătăţirea umplerii formei prin reducerea vitezei de răcire şi micşorarea şocului termic în forma metalică.

Preîncălzirea formei se poate face: cu rezistenţe electrice amplasate în cavitate; cu flăcări deschise, prin turnarea unei piese în formă rece care se rebutează.

După preîncălzire se realizează asamblarea cochilei.

2 - Turnarea metalului lichid.

3 - Constituirea piesei turnate cu aşteptarea timpului de solidificare.

4 - Dezbaterea piesei turnate prin demontarea cochilei.

5 - Indepărtarea reţelelor de turnare, eventual debavurarea piesei turnate.

In cazul producţiei de serie şi de masă, cochilele pot fi manevrate mecanizat şi automatizat.

In ultimul timp, pentru eliminarea dificultăţii obţinerii de piese turnate în forme metalice cu persţi subţiri, părţi proeminente şi variaţie relativă mare de grosime la petere, s-a recurs la metoda presării metalului lichid după introducerea lui în cavitatea formei. In acest sens, se disting procedele de turnare în cochile cu matriţarea (fig.11.3) şi respectiv refularea (fig.11.4) metalului lichid.

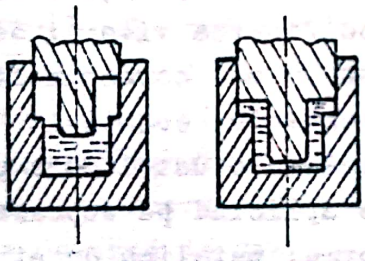


Fig.11.3. Turnarea în cochilie cu matriţarea metalului lichid

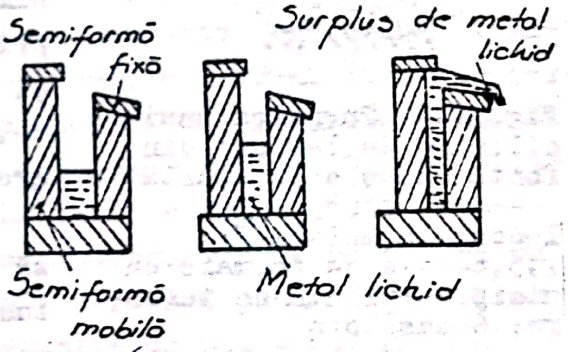


Fig.11.4. Turnarea în cochile cu refularea metalului lichid

Datorită acţiunii favorabile a presiunii aplic-ate în timpul solidificării rezultă şi o îmbunătăţire favorabilă a proprietăţilor mecanice ale pieselor turnate.

Aplicarea metodei vibrării formelor metalice în timpul solidificării, şi umplerii, se asigură obţinerea de piese turnate cu pereţi subţiri. De asemeni, vibraţiile au influenţă favorabilă şi asupra procesului de cristalizare primară şi de aici asupra caracteristicilor mecanice ale pieselor turnate.

Turnarea fontei cu crustă dură. Un caz particular al turnării statice, este turnarea cilindrilor de laminor. Aceştia în funcţionare sînt supuşi la eforturi puternice de compresie, în-

covoiere şi la uzare prin frecare. Oţelurile au proprietăţi mecanice ridicate, însă nu rezistă la uzare. La această solicitare cel mai bine se comportă fontele albe, dar care sînt foarte fragile din punct de vedere al altor solicitări. Combinarea caracteristicilor de durabilitate a cilindrilor de laminor, o rezolvă cel mai acceptabil confecţionarea lor din fontă cenuşie cu crustă exterioară dură din fontă albă.

In acest scop, turnarea se face în forme combinate,metalice în partea unde piesa trebuie să primească o crustă dură (răcire rapidă) şi din amestec de formare în celelalte părţi (răcire lentă, cu grafitizare normală). In figura 11.5 se prezintă schematic forma combinată pentru turnarea prin sifon a unui cilindru de laminor din fontă cu crustă dură.

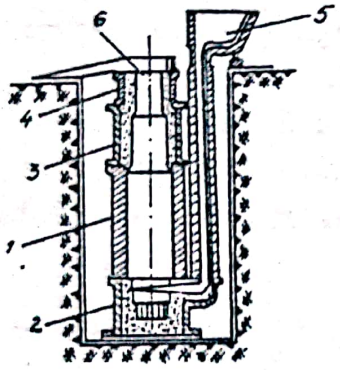


Fig.11.5. Turnarea unui cilindru de laminor din fontă cenuşie cu crustă dură
1-cochilă metalică; 2,3,4-rame de formare cu nisip; 5-pîlnia de turnare; 6-maselota

Tăblia cilindrului se toarnă într-o formă metalică (cochilă) iar fusurile sînt turnate în părţi ale formei confecţionate din amestec de formare obişnuit. La partea superioară a fusului se plasează o maselotă pentru localizarea retasurii.Grosimea crustei dure poate fi reglată prin schimbarea compoziţiei fontei şi prin modificarea vitezei de răcire, alegînd în mod corespunzător grosimea peretelui cochilei.

Adîncimea crustei dure poate să varieze aplicînd pe suprafaţa de lucru a formei metalice un strat mai gros sau mai subţire de vopsea refractară, schimbînd astfel temperatura de supraîncălzire a metalului topit etc.

11.1.2. Turnarea sub presiune

La această metodă, umplerea formei cu metal lichid se face sub presiune. Datorită presiunilor înalte, forma şi miezurile se fac din oţel. Metoda asigură în primul rînd umplerea corectă a formelor cu piese cu pereţi subţiri.

Domeniul de utilizare cuprinde producţia de masă a pieselor mici în special din neferoase cu pereţi subţiri şi complexe la configuraţie.

De asemenea, se aplică cu succes la obţinerea de piese ar-

mate precum şi la asamblarea în corp comun a unor repere mărunte.

Turnarea sub presiune în forme metalice prezintă în principal, în plus, faţă de formele metalice gravitaţional umplute, următoarele avantaje:

- asigură o precizie mare pieselor turnate (abaterile limită fiind de ordinul 0,05 - 0,15 mm, ceea ce asigură o interschimbabilitate perfectă pieselor), care în majoritatea cazurilor,nu mai necesită nici o prelucrare prin aşchiere;
- posibilitatea obţinerii unor detalii foarte fine ca: inscripţii, filete interioare, filete exterioare etc. ;
- suprafeţele pieselor sînt foarte netede şi curate;
- datorită presiunilor ridicate şi a răcirii rapide, piesele turnate vor avea o structură compactă şi fină, ceea ce le conferă proprietăţi mecanice bune;
- incluziunile fine de oxizi şi porii de gaze, nu au nici o influenţă asupra rezistenţei şi densităţii piesei turnate;
- se elimină posibilitatea apariţiei suflurilor, porozităţilor, golurilor etc.

Formele metalice destinate turnării sub presiune numite matriţe şi miezurile, se confecţionează exclusiv din oţeluri aliate cu Cr, W, Co rezistente la şocuri termice. Durabilitatea acestora se măreşte prin tratamente termochimice (nitrurare, cromizare, fosfatare etc), aplicate suprafeţelor active. Suprafeţele active sînt înglobate, de regulă în pastile demontabile interschimbabile. Suprafeţele active se protejează prin acoperiri cu vopsele pe bază de grafit, materiale ceroase, produse petrolifere etc. Se folosesc canale de aerisire de 0,1 - 0,2 mm.

Datorită condiţiilor impuse constructiv şi funcţional, aceste matriţe au un preţ de cost mai ridicat.

Extragerea pieselor din matriţe se face prin demontarea acestora şi acţionarea cu ajutorul unor extractoare împingătoare asupra pieselor turnate, în aşa fel încît, efortul aplicat să se distribuie cît mai uniform.

Diagrama din figura 11.6 dă imaginea rentabilităţii procedeului. Din această diagramă se observă că turnarea sub presiune este avantajoasă de la o serie de fabricaţie de cel puţin 500 buc. şi prin urmare, aplicabilitatea metodei se justifică mai ales în fabricarea de serie mare şi de masă.

La turnarea sub presiune, pentru a învinge rezistenţele hidraulice pe parcurs, se aplică presiuni a căror valoare maximă

Scanned with OKEN Scanner

poate atinge 5000 - 7000 daN/cm^2. In funcţie de viteza de umplere a formei, turnarea sub presiune prezintă trei variante:

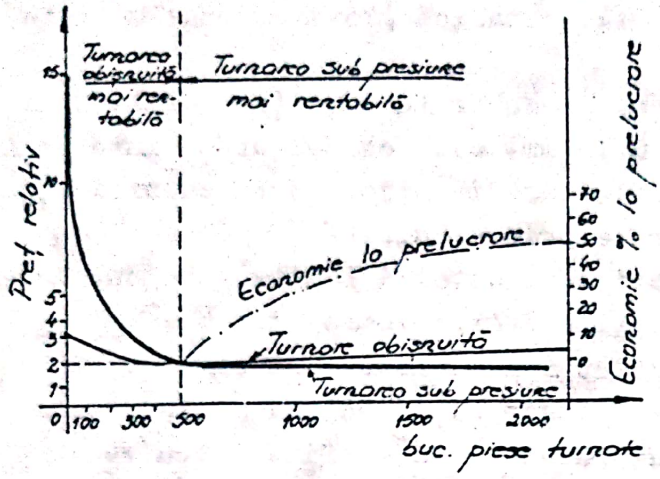


Fig.11.6. Diagrama rentabilităţii procedeului turnării sub presiune

- turnarea cu viteză scăzută de alimentare (0,5 - 2,5 m/s), la care metalul curge compact în regim laminar, se aplică această metodă la turnarea de piese cu pereţi groşi din aliaje de aluminiu şi bronzuri. Pentru limitarea absorbţiei de gaze, metalul se toarnă cel mai bine în stare păstoasă.

- turnarea cu viteze de ordin 2,5 - 15 m/s, aplicabilă la piese cu configuraţie simplă. Porozităţile existente în materialul piesei sînt parţial eliminate ca urmare a presiunilor ridicate din timpul solidificării.

- turnarea cu viteze ridicate (30 - 150 m/s), pentru piese de configuraţie complexă, pereţi subţiri şi calitate superioară a suprafeţei. In acest caz, datorită fracţionării jetului de metal la lovirea de pereţii cavităţii formei, se produce o dispersie fină şi o dizolvare pînă la saturaţie a incluziunilor gazoase, fapt ce diminuează influenţa acestora asupra metalului.

Pentru exercitarea presiunii asupra metalului lichid, se folosesc diverse instalaţii specializate cu acţionare hidraulică sau pneumatică.

Se cunosc patru tipuri fundamentale de maşini de turnat sub presiune: - la care presiunea se aplică cu ajutorul unui piston, camera de compresie fiind caldă (încălzită din exterior) sau rece; - la care presiunea se aplică metalului lichid prin intermediul unui fluid (aer, gaze inerte) iar camera de compresie poate fi: mobilă sau fixă.

Scanned with OKEN Scanner

a - Instalaţii la care presiunea se aplică metalului lichid cu ajutorul unui piston

In turnătoriile pentru piese din construcţia de maşini, cel mai adesea se întîlnesc instalaţiile de turnat sub presiune cu acţionare prin piston şi camera de compresie rece. Din punct de vedere constructiv, aceste instalaţii pot fi: cameră de compresie verticală şi cu cameră de compresie orizontală.

In figura 11.7 se prezintă schematic construcţia şi principiul funcţional al instalaţiei cu cameră de compresie rece vertical.

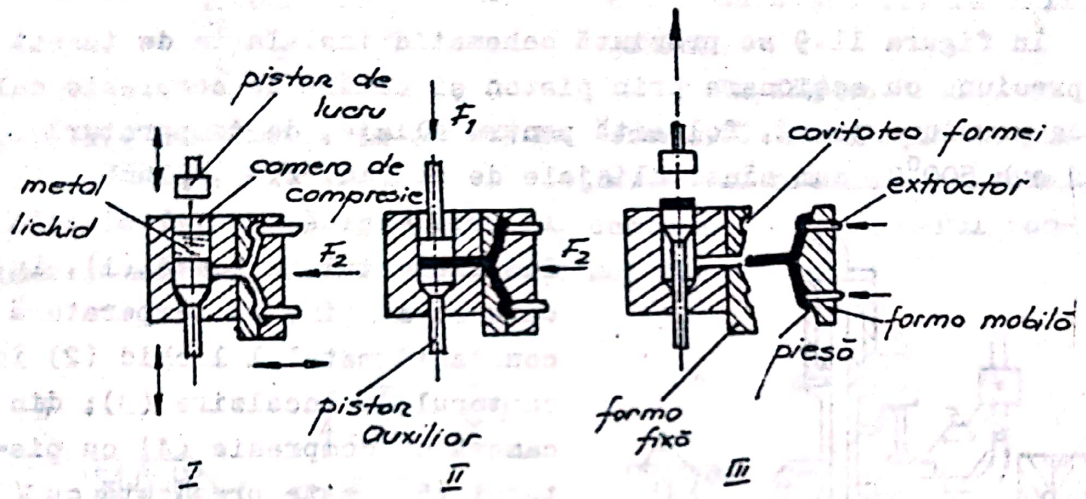


Fig.11.7. Schema funcţională de principiu a instalaţiei de turnare sub presiune cu piston şi cameră de compresie rece verticală

In poziţia I, metalul se toarnă cu o oală de dozare în camera de compresie, timp în care pistonul inferior închide canalul de alimentare a formei.

In poziţia II, pistonul superior presează asupra metalului topit, coborînd în acelaşi timp şi pistonul inferior iar metalul lichid este presat în cavitatea formei.

In poziţia III, pistonul superior se ridică, iar pistonul inferior retează şi îndepărtează surplusul de metal din camera de compresie, concomitent forma deschizîndu-se şi piesa este scoasă din cavitate cu ajutorul extractoarelor.

In figura 11.8 se prezintă schematic construcţia şi funcţionarea unei instalaţii de turnare sub presiune cu cameră de compresie orizontală rece.

Ambele tipuri de instalaţie cu cameră de compresie rece, sînt maşini de turnare cu presiune înaltă, folosite îndeosebi pentru turnarea aliajelor neferoase greu fuzibile (alamă, bronz

de aluminiu şi unele aliaje de aluminiu).

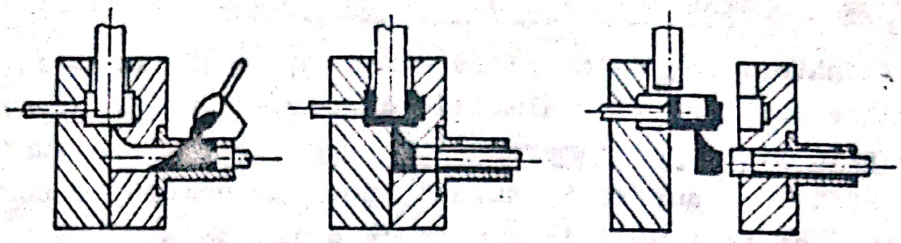


Fig.11.8. Instalaţie de turnare sub presiune cu acţionare prin piston şi cameră de compresie rece orizontală

In figura 11.9 se prezintă schematic instalaţia de turnat sub presiune cu acţionare prin piston şi camară de compresie caldă, de presiune joasă, folosită pentru aliaje, de temperatură joasă sub 500°C, cum sînt: aliajele de staniu, zinc, plumb.

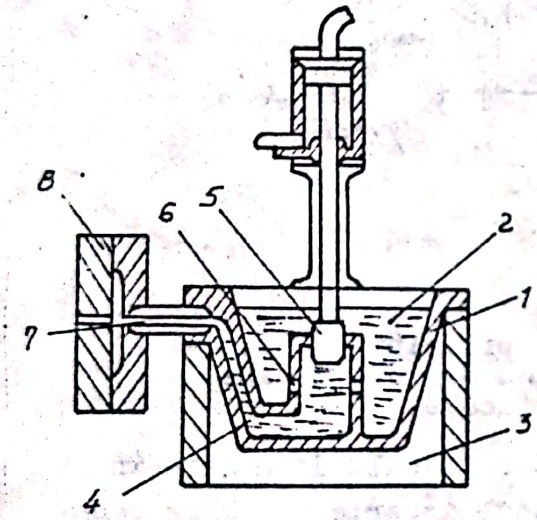


Fig.11.9. Schema de principiu a maşinii de turnat sub presiune cu piston şi cameră de compresie caldă

Această maşină este alcătuită din creuzetul de fontă (1), în care se menţine la temperatură constantă metalul lichid (2) în cuptorul de încălzire (3); din camera de compresie (4) cu pistonul (5), este prevăzută cu orificii (6) de pătrundere a aliajului lichid din creuzetul (1) în canalul de alimentare (7) şi în forma de turnare (8).

b - <u>Instalaţii la care presiunea se aplică prin intermediul unui fluid (aer, inerte)</u>

Aceste instalaţii sînt de presiune joasă şi sînt de două tipuri constructive: - cu cameră de compresie fixă şi cu cameră de compresie mobilă.

In figura 11.10 se prezintă schematic o instalaţie cu cameră de compresie fixă. Ea este alcătuită din vasul de fontă (1), care reprezintă camera de compresie în care se toarnă metal lichid (2) prin supapa (3). Aerul comprimat se suflă prin ţeava (4), presiunea fluidului de lucru (aer comprimat) de 0,5 - 4,0 daN/cm^2, acţionând asupra suprafeţei libere a metalului din camera de compresie. Sub acest efect, metalul pătrunde prin sifon

în canalul de alimentare (5) şi de aici în forma de turnare (6).

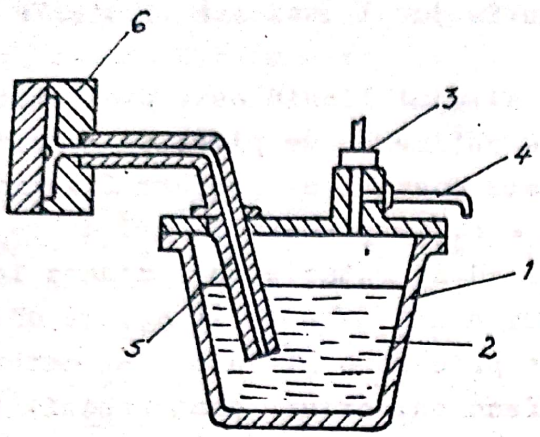


Fig.11.10. Instalaţie cu cameră de compresie fixă

Aceste maşini sînt utilizate în turnarea aliajelor uşor fuzibile dar şi în siderurgie pentru obţinerea unor lingouri plate de tip bramă din oţel. Obţinerea acestor brame elimină laminarea degrosisoare şi asigură o calitate superioară a lingoului.

In figura 11.11, se prezintă instalaţia de turnare sub presiune cu cameră de compresie mobilă. In acest caz, contactul dintre aerul comprimat şi metalul lichid este mult mai mic.

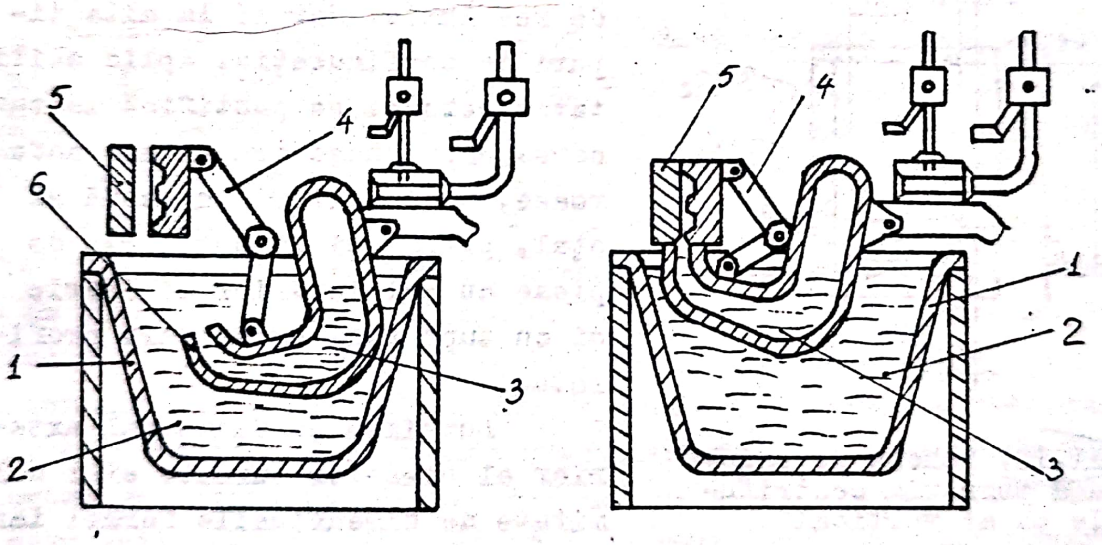


Fig.11.11. Instalaţie de turnat sub presiune cu cameră de compresie mobilă

Instalaţia, conform fig.11.11, se compune din: vasul de fontă (1) în care se menţine metal lichid (2) la temperatura constantă; camera de compresie mobilă (3) acţionată la fiecare umplere de sistemul de pîrghii (4), care acţionează şi asupra deschiderii şi închiderii formei (5); ajutajul (6) prin care se face legătura între camera de compresie mobilă (3) şi forma de turnare (5).

In acest caz, după ridicarea camerei de compresie umplută cu doza de metal lichid, acesta se injectează în formă prin deschiderea ventilului de comandă a aerului comprimat.

11.1.3. Turnarea centrifugală

Acest procedeu se caracterizează prin faptul că în timpul turnării forma se roteşte continuu în jurul unei axe verticale sau orizontale.

Datorită forţei centrifuge, aliajul lichid este proiectat pe pereţii formei, ceea ce permite obţinerea de piese cu goluri interioare, fără să mai fie necesare miezurile. Conform figurii 11.12, se observă că la turaţia $n = n_1$, suprafaţa liberă a lichidului va lua forma unui paraboloid de rotaţie cu ordonata la origine $\underline{b}$. Mărind turaţia la valori n mai mare decît n_1, se observă că $\underline{b}$ scade ca valoare, trece prin zero şi la $n = n_2$ capătă valori negative. In baza acestui fenomen, există deci posibilitatea ca printr-o rotire suficient de rapidă a formei, combinată cu răcirea metalului lichid, să se obţină un corp cilindric gol, avînd o grosime de perete neuniformă.

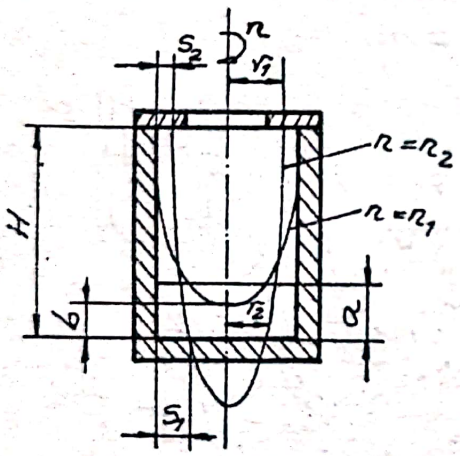


Fig.11.12. Schema de principiu a turnării centrifugale cu ax vertical

Acest procedeu se aplică de regulă turnării pieselor cu formă de revoluţie, dar şi la alte tipuri de configuraţie. Aplicabilitatea metodei se justifică la turnarea unor bucşe din aliaje neferoase, a tuburilor din fontă şi oţel, precum şi la obţinerea de piese cu gol interior cilindric şi cu suprafaţa exterioară profilată.

Lungimea şi diametrul exterior al pieselor turnate sînt delimitate de dimensiunile formei iar diametrul interior, de cantitatea de aliaj turnat în formă.

Calitatea şi precizia dimensională a pieselor obţinute prin turnare centrifugală, este direct determinată de forţa centrifugă ce se poate evalua cu relaţia:

$$F_c = m. \omega^2 .r$$

unde F_c - mărimea forţei centrifuge; m - masa aliajului turnat, în gr; ω - viteza unghiulară a aliajului turnat, în rad/s; r - distanţa de la axul de rotaţie al centrului de greutate al volumului de aliaj considerat, în cm.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}$$

Inlocuind pe ω cu această valoare în relaţia de mai sus, forţa centrifugă devine:

$$F_c = \frac{m \pi^2 n^2 r}{900}$$

adică, forţa centrifugă creşte cu masa aliajului lichid cu raza de rotaţie şi cu patratul turaţiei formei.

Din relaţia de mai sus, se poate trage concluzia că forţa centrifugă care acţionează asupra particulelor de zgură care pot ajunge în formă la turnare, este mai mică decît cea care acţionează asupra aliajului, deci zgura este separată la partea din interior a piesei turnate, aceasta obţinîndu-se curată fără incluziuni de zgură şi fără sufluri.

Alegerea unei viteze corecte de rotaţie a formei, este necesară atît din punct de vedere tehnologic cît şi din punct de vedere al construcţiei formei.

Dacă forţa centrifugă este prea mică, nu are loc o separare prea bună a zgurii de lichid şi prin urmare, piesa riscă să iasă cu incluziuni nemetalice şi cu sufluri. Dacă forţa centrifugă este prea mare, se pot produce crăpături longitudinale.

In cazul rotaţiei în jurul unei axe orizontale, a unei forme parţial umplute cu metal lichid, calculul vitezei de rotaţie se face ţinînd cont de faptul că forţa centrifugă asupra lichidului variază în funcţie de poziţia lichidului. Astfel, în cazul schemei din figura 11.3c cînd turaţia n a formei e suficient de mare şi metalul lichid este supus mişcării de rotaţie cu distribuire uniformă, în punctul cel mai de jos A, forţa rezultantă R_A care acţionează asupra lichidului, este suma forţelor centrifuge şi de gravitaţie:

$$R_A = F_c + G = m \cdot \omega^2 \cdot r + mg = m(\omega^2 r + g)$$

iar în punctul B, cel mai ridicat, este diferenţa lor:

$$R_B = F_c - G = m \cdot \omega^2 \cdot r - mg = m(\omega^2 r - g)$$

Se observă că forţa rezultantă maximă este în punctul A iar cea minimă în B. Intre aceste două poziţii, rezultanta pentru oricare alte particole de material va fi cuprinsă între R_A şi R_B.

Pentru turnareac centrifugală pe maşini cu ax orizontal turaţia minimă teoretica necesară se calculează punînd condiţia

de echilibru pentru o particulă de aliaj care se află în punctul cel mai de sus, fie punctul B din figura 11.13.

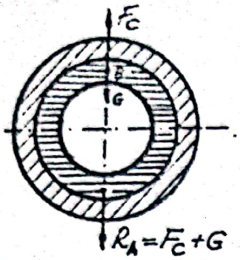


Fig.11.13. Schema distribuţiei lichidului în antrenarea centrifugală

Asupra acestei particule acţionează forţa gravitaţiei şi forţa centrifugă, care prin echilibrare, conduc la expresia:

$mg = m \cdot \omega^2 r$ de unde:

$= \sqrt{g/r}$ dar se ştie că $\omega = \frac{\pi n}{30}$

şi, $\sqrt{g/r} = \frac{\pi \cdot n}{30}$.

Din expresia de mai sus, dacă se explicitează turaţia în funcţie de ceilalţi parametri, se obţine expresia:

$$n = \frac{30\sqrt{g}}{\pi\sqrt{r}} = \frac{30\sqrt{9,81}}{\pi\sqrt{r}} \text{ de unde}$$

$$n = \frac{30}{\sqrt{r}} \quad [\text{rot/min}]$$

Aducem observaţia că turaţia calculată cu relaţia analitică de mai sus este o valoare orientativă şi pentru obţinerea de piese calitative este nevoie de o turaţie mult mai mare, care se testează şi experimental.

Viteza de rotaţie practic se determină cu următoarea relaţie:

$$n_p = k \cdot n = \frac{30\,k}{\sqrt{r}}$$

unde: r - este raza interioară a bucşei, în m;
k - coeficient care depinde de natura aliajului din care se toarnă piesa;
k = 0,5 - pentru turnarea pieselor din oţel;
k = 5,8 - pentru turnarea pieselor din fontă;
k = 6,4 - pentru turnarea pieselor din bronz;
k = 8,6 - pentru turnarea pieselor din aliminiu.

Turaţia formei la maşinile cu ax orizontal poate fi stabilită şi cu relaţia empirică de forma:

$$n = \frac{5520}{\sqrt{\gamma \cdot r}} \text{ rot/min}$$

unde: γ - este greutatea specifică a aliajului lichid, în g/cm^3;
r - raza suprafeţei libere a piesei, în cm.

Turaţia formei la maşinile cu ax vertical pentru turnarea pieselor cu înălţimea H mai mică decît jumătatea diametrului (D/2) se determină cu relaţiile:

$$n = K \sqrt{H} \quad \text{rot/min}$$

$$K = \frac{423}{\sqrt{r_1^2 - r_2^2}}$$

în care:

H - este înălţimea piesei turnată, în cm;

D - diametrul exterior al piesei turnate, în cm;

r_1 şi r_2 - razele interioare ale piesei de revoluţie (vezi fig.11.12) pentru cazul repartizării lichidului cînd $n = n_2$.

Utilizarea turnării centrifugale, este justificată de următoarele avantaje:

- asigurarea unei structuri dense lipsite de porozităţi, sufluri, cu proprietăţi mecanice superioare;
- micşorarea consumului de metal lichid cu 40 - 60 %, prin reducerea sau chiar eliminarea reţelei de turnare şi a maselotelor;
- eliminarea miezurilor la piesele cilindrice;
- posibilitatea turnării pieselor cu pereţi subţiri;
- reducerea cheltuielilor de formare şi turnare.

Desavantajele procedeului sînt:

- nu se pot obţine orificii cu dimensiuni exacte în piesele turnate fără miez;
- apare pericolul segregării componenţilor după greutatea specifică şi prin urmare, nu se pot turna aliaje cu tendinţă mare de segregaţie. Acest fenomen este mai accentuat la aliajele cu interval de solidificare mare şi în special atunci cînd compoziţia primelor cristale separate diferă mult de a celor care se separă ulterior.

Pe ideea de mai sus, s-a plecat în abordarea fenomenului posibilităţii turnării centrifuge a pieselor bimetalice.

Turrnarea centrifugă se face în forme metalice din oţel sau în forme metalice căptuşite cu amestec de formare. La turnarea în forme metalice necăptuşite, nu mai sînt necesare instalaţii pentru prepararea amestecului de formare, dar sînt necesare operaţii suplimentare pentru evitarea albirii fontei; operaţiile de recoacere a produselor şi consumul de cochile din oţeluri

Tabelul 11.1

Clasificarea procedeelor de turnare centrifugală

Caracteristici	Variante ale procedeului			
	simplă		mixtă	indirectă
Caracterizarea şi principiul variantei	Forţa centrifugă acţionează asupra materialului ca rezultat al rotirii formei în jurul axei		Configuraţia piesei se obţine nu numai datorită forţei centrifuge, dar şi a cavităţii formei.	Metalul lichid se toarnă prin picior iar forţa centrifugă îl introduce în cavitatea formei.
Maşinile folosite	Maşini centrifuge cu ax orizontal	Maşini centrifuge cu ax vertical	Maşini cu ax orizomtal şi vertical	Maşini cu ax vertical
Caracteristica pieselor turnate	Tuburi, bucşe, cilindri cu $D < L$	Inele, bucşe cu $D < L$	Piese profilate care sînt şi corpuri de revoluţie	Piese cu configuraţie complicată care nu sînt corpuri de revoluţie
Aliajul ce se poate turna	oţel fontă aliaje neferoase		oţel, fontă aliaje neferoase	oţel, fontă aliaje neferoase

speciale este destul de mare.

Formele metalice necăptuşite se protejează prin acoperire cu paste şi vopsele refractare pe bază de grafit, marşalită, miniu de fier, cretă, negru de fum, uleiuri, produse petrolifere, sticlă solubilă. Pentru uşurarea dezbaterii pieselor, pereţilor formei li se imprimă o oarecare conicitate.

In practică, maşinile utilizate sînt cu ax vertical sau orizontal. Clasificarea procedeelor de turnare se vede în tabelul 11.1.

In cele ce urmează, se prezintă schematic cele trei variante de turnare centrifugală.

Astfel, în figura 11.14 se vede schema de principiu de turnare centrifugală cu ax vertical. Metoda se aplică mai ales pentru obţinerea de piese inelare cu înălţime mică cum ar fi: volanţi, roţi, coroane de roţi, inele, bucşe etc. In cazul turnării cu ax vertical a unor piese de înălţime mare, creşte foarte mult

adaosul de prelucrare prin aşchiere pe suprafeţele libere.

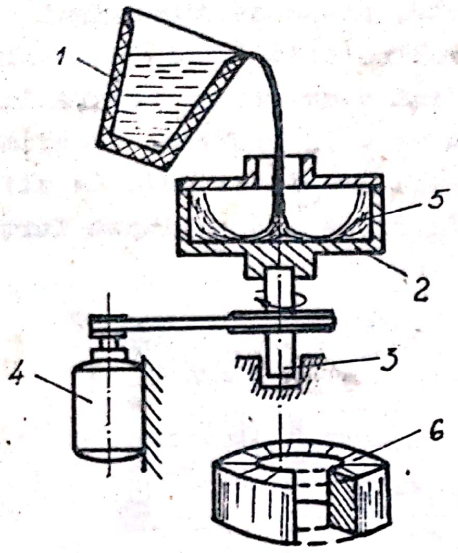


Fig.11.14. Turnarea centrifugală simplă cu ax vertical.
1-oală de turnare; 2-formă metalică; 3-ax; 4-motor electric; 5-metal lichid; 6-piesă

In figura 11.15 se prezintă schema de principiu a turnării centrifugale simple cu rotirea formei în jurul unui ax orizontal pentru cazul turnării tuburilor. Prin această metodă se obţin piese cu lungime mare, de formă interioară cilindrică, cu grosimea uniformă a peretelui.

Metoda se aplică îndeosebi la turnarea tuburilor de calitate superioară din fontă care pot rezista la presiuni chiar de două ori mai mari faţă de turnarea statică. Prin această metodă se mai toarnă cămăşi de cilindri pentru motoare, bucşe, inele, din care se confecţionează segmenţi de pistoane etc.

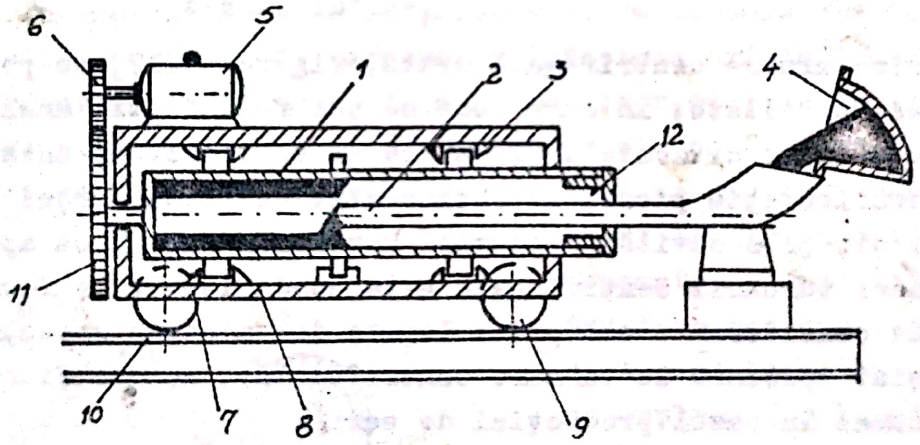


Fig.11.15. Turnarea centrifugală simplă cu ax orizontal.
1-formă rotativă; 2-jgheab; 3-manta de răcire; 4-oală segment; 5-motor; 6-roţi dinţate; 7-tuburi turnat; 8-cărucior deplasabil; 9-roţi; 10-şină; 11-miez de nisip; 12-etanşare

La turnarea centrifugală a pieselor tubulare lungi, pentru asigurarea unei repartizări uniforme a metalului lichid de-alungul formei, aceasta în mişcarea ei de rotaţie este amplasată pe un cărucior deplasabil care se retrage faţă de jgheabul lung de

turnare pe măsură ce forma se umple cu metal.

Folosind maşinile centrifuge cu ax vertical, se pot obţine prin turnare centrifugarea indirectă, piese de dimensiuni mici cu diferite configuraţii şi nu obligatoriu forma de revoluţie. In aceste cazuri, formele se aşează simetric pe periferia unui platou rotativ, turnarea făcîndu-se prin sistemul de alimentare centralizat cu canale radiale de la un picior unic de alimentare axial, metalul fiind împins în forme sub acţiunea forţei centrifuge, fig.11.16.

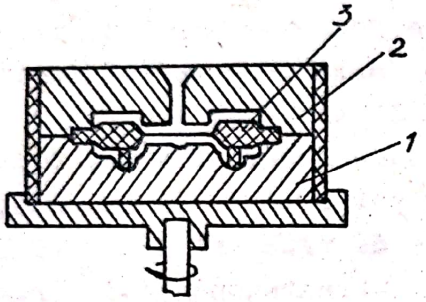


Fig.11.16. Turnarea centrifugală indirectă pentru obţinerea de piese cu configuraţie oarecare 1-semiformă inferioară; 2-semiformă superioară; 3-miez

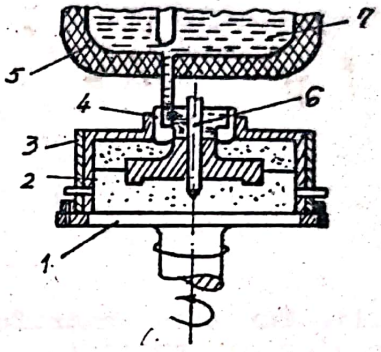


Fig.11.17. Turnarea centrifugală mixtă
1-masa maşinii; 2-semiforme; 3-cheson de strîngere; 4,6-miezuri; 5-oală de turnare; 7-metal lichid

Prin turnare centrifugală mixtă, figura 11.17, se pot obţine piese profilate, în care scop se pot folosi atît maşini centrifuge cu ax orizontal, cît şi cu ax vertical. La acest procedeu, configuraţia piesei se obţine atît datorită forţei centrifuge, cît şi a cavităţii formei. Menţionăm faptul că aplicarea metodei turnării centrifugale este condiţionată de forma piesei şi de considerente economice legate de valoarea investiţiilor (maşini speciale de turnare centrifugală), metoda fiind rentabilă numai în cazul producţiei de serie.

11.1.4. Turnarea continuă

In acest procedeu se toarnă în special aliaje de aluminiu. oţel şi fontă. Se pot turna lingouri lungi, semifabricate, profilate, tuburi, benzi, table, sîrme.

Metoda e cîştigat aplicabilitate deosebită la turnarea tuburilor de fontă, figura 11.18. In acest scop, se folosesc cristalizatoare răcite cu apă prevăzute la interior cu un miez metalic răcit cu apă de formă uşor conică pentru evitarea înţepeni-

rii produsului în cristalizator. Partea inferioară a cristalizatorului este profilată pentru a se obţine flanşa tubului.

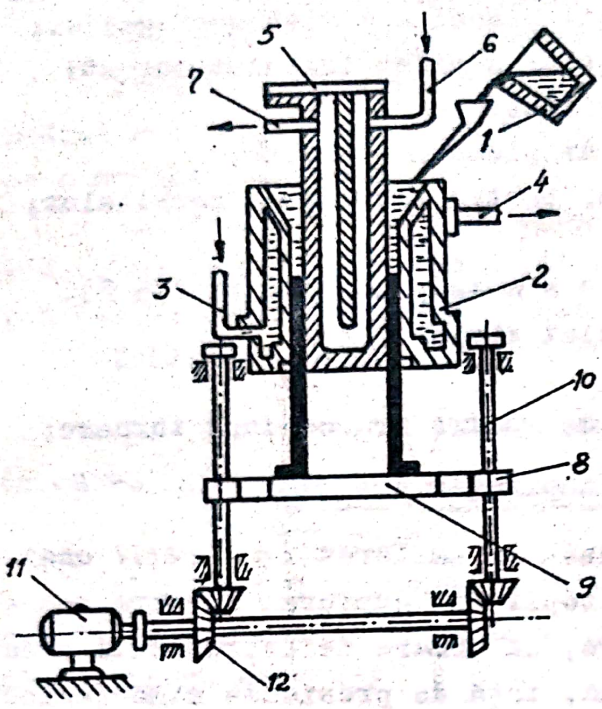


Fig.11.18. Instalaţie de turnare continuă a tuburilor din fontă
1-oală de turnare; 2-cristalizator; 3,4,6,7-conducte de apă; 5-miez metalic; 8-masă mobilă; 9-placă de etanşare a cristalizatorului la începutul turnării; 10-tijă filetată; 11-electromotor; 12-roţi dinţate conice

Diametrele tuburilor astfel fabricate, sînt cuprinse între 400 - 800 mm, iar lungimile pot ajunge pînă la 10 m.

Parametrii de bază ai procesului de turnare continuă sînt următorii: - viteza de turnare; - înălţimea cristalizatorului; - temperatura de turnare, funcţie de proprietăţile de turnabilitate al aliajului. Pentru a reduce forţele de frecare între cristalizor şi material, acestea se ung cu ulei sau alte substanţe.

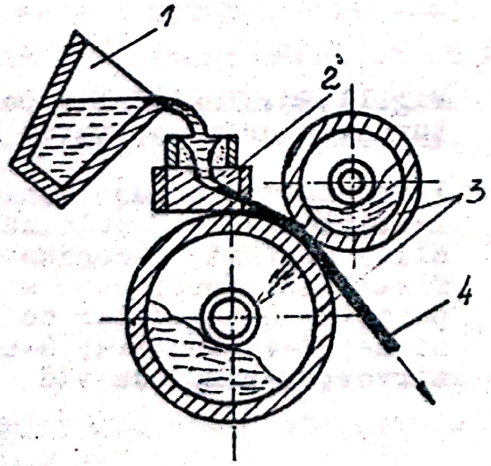


Fig.11.19. Instalaţie de turnare continuă cu doi cilindri rotativi
1-oală de turnare; 2-pîlnie de turnare; 3-cilindri rotativi răciţi cu apă; 4-bandă turnată

In figura 11.19 se dă schematic o instalaţie pentru turnarea continuă a tablelor şi benzilor. Viteza de deplasare a benzii turnate este constantă.

La turnarea continuă, are loc o cristalizare dirijată de jos în sus. Datorită acestui fapt, se obţine un metal cu compactitate mărită, omogen chimic şi cu proprietăţi mecanice superioare.

Avantajele principale ale procedeului de turnare

continuă, sînt următoarele:

- eliminarea retasurilor, a porozităţilor şi incluziunilor nemetalice;
- reducerea neomogenităţii pissei datorită segregaţiei;
- îmbunătăţirea suprafeţelor semifabricatului turnat;
- proprietăţi mecanice ridicate;
- reducerea procentului de piese cu defecte;
- reducerea cheltuielilor pentru fabricarea cochilelor;
- productivitate mare;
- coeficient de utilizare a metalului ridicat (95 %).

Dezavantajele procedeului sînt:

- tensiuni interne mari;
- crăpăturile provocate de răcire bruscă după turnare;

11.1.5. Turnarea prin aspiraţie sub vid

Principiul metodei constă în umplerea cavităţii unei forme prin aspirarea metalului topit din cuptorul în care s-a elaborat sau din oala de turnare, ca urmare de depresiunii creată cu ajutorul unei pompe de vid, faţă de presiunea atmosferică la care se găseşte metalul lichid.

Simultan cu umplerea formei se realizează şi evacuarea gazelor din metalul lichid şi deci se elimină posibilitatea defectului de suflură şi porozitate în piesa turnată. In ultima vreme, această metodă este utilizată la turnarea bucşelor din aliaje neferoase, cum este bronzul şi alama.

Instalaţia pentru turnare foloseşte o formă metalică de tip cristalizor, a cărui schemă de funcţionare se vede în figura 11.20.

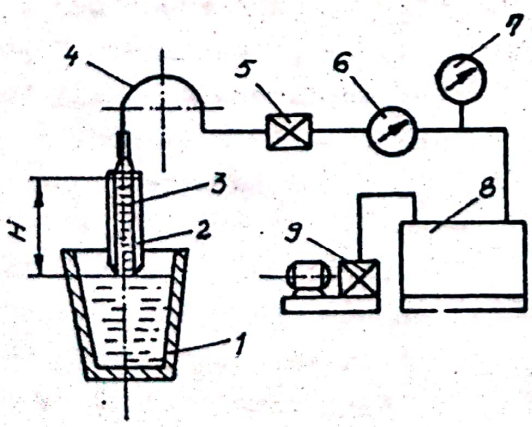


Fig.11.20. Instalaţie pentru turnarea prin aspiraţie sub vid
1-creuzet cu aliaj lichid; 2-cristalizor; 3-coloană de aliaj aspirat; 4-conductă flexibilă; 5-robinet cu trei poziţii; 6-regulator de presiune; 7-vacuumetru; 8-rezervor; 9-pompa de vid

Cristalizorul are diametrul interior egal cu diametrul exterior al bucşei care se toarnă, la partea lui superioară fiind pus în legătură cu instalaţia de vid.

Procesul de turnare decurge în felul următor:

- capătul de jos al cristalizorului se introduce prin intermediul unui cap inelar din material refractar în baia de lichid pe o adîncime de 15-20 mm;
- cristalizorul se pune apoi în legătură cu instalaţia de vid, cînd, datorită depresiunii create, metalul lichid este supus forţei ascensionale şi umple cavitatea formei.

Înălţimea de aspiraţie H este dată de relaţia:

$$H = \frac{\Delta p}{\gamma}$$

în care, Δ_p - este depresiunea iar γ - greutatea specifică a aliajului.

Aliajul aspirat sub acţiunea pereţilor reci începe să se solidifice, grosimea stratului solidificat depinzînd de timpul de menţinere sub vid.

- După realizarea unei cruste solide de grosime determinată, partea superioară a formei este pusă în legătură cu presiunea atmosferică şi cristalizorul se ridică, aliajul lichid din interior nesolidificat, căzînd în creuzet. Prin răcire, bucşa se contractă micşorîndu-şi diametrul, astfel că poate fi scoasă uşor din cristalizor.

Prin această metodă, în mod analog, se pot turna: inele, roţi dinţate, bare etc. de dimensiuni relativ mici din aliaje cu greutate specifică redusă, folosind cristalizoare cu configuraţia interioară identică cu forma exterioară a piesei ce se toarnă.

In ce priveşte partea interioară a pieselor, aceasta se obţine fie prin întreruperea aspiraţiei după un anumit timp şi scoaterea cristalizorului din baia metalică, fie folosind miezuri obişnuite. Metoda prezintă următoarele avantaje:

- productivitate mare;
- coeficient ridicat de folosire a aliajului lichid;
- calitatea superioară a produsului, datorită compactităţii materialului, a structurii fine şi lipsei microretasurilor şi microfisurilor.

11.2. Metode speciale de formare şi turnare în forme temporare

După cum s-a arătat, o formă temporară obişnuită se compu-

ne dintr-un strat interior realizat din materiale noi, amestec de model şi stratul exterior de umplutură, care are rolul de a consolida amestecul de model pentru a rezista la presiunea metalului lichid şi la temperatura de turnare.

Cu toate că stratul de umplere îndeplineşte un rol minor, are o grosime mult mai mare decît cel de model.

Punîndu-se problema eliminării totale sau parţiale a acestui amestec de umplere, au apărut metode moderne de executare şi turnare în forme speciale cu pereţi subţiri, numite şi forme coji. Intr-adevăr, formele fără amestec de umplere se prezintă ca o coajă sau ca o mască de unde le vine şi denumirea de forme coji sau forme măşti. Aceste forme trebuie să aibă rezistenţă mecanică ridicată, care la grosimea mică de perete nu se poate realiza decît folosind pentru aceasta anumiţi lianţi şi numai în anumite condiţii. In cele ce urmează, se vor prezenta cîteva din soluţiile turnării în forme-coji sau alte forme temporare speciale, mai răspîndire în turnătorii.

11.2.1. Turnarea în forme-coji cu liant de bachelită

Această metodă cunoscută pe scurt ca turnare în coji, are un domeniu larg de aplicabilitate şi se poate considera ca un procedeu de turnare de precizie.

Specificul procedeului constă în formele de turnare cu pereţi subţiri, de grosime uniformă şi de rezistenţă ridicată. Metoda se bazează pe folosirea unui amestec de formare din nisip cuarţos spălat, avînd ca liant pulbere de bachelită în proporţie de 8 - 10 % sau alte răşini sintetice, termoreactive şi urotropină (hexametilen-tetramină) de calitate industrială, în proporţie de 0,5 - 1,0 % pentru activarea transformării răşinii în forme stabile.

Din grupa răşinilor termoreactive fac parte: poliesterii şi răşinile xilenol-formaldehidice, melamin-formaldehidice, resorcin-formaldehidice şi fenol-formaldehidice. Cele mai bune rezultate practice şi economice au fost obţinute cu răşinile fenol-formaldehidice stabile de tip novolac.

A - Prepararea amestecului de formare

La prepararea amestecului de formare pentru obţinerea maximului de rezistenţă la un consum minim de răşină a cojii, se cere ca amestecul nisip-răşină să se facă cît mai uniform. Aceasta se poate realiza pe următoarele căi: pe cale uscată, pe cale

umedă şi pe cale semiumedă.

Metoda preparării uscate este cea mai ieftină şi constă din distribuirea răşinii sub formă de praf măcinată fin printre granulele de cuarţ cît mai uniform. Se adaugă urotropina necesară, iar pentru o mai bună aderenţă a răşinii la nisip, acesta se amestecă cu ulei, motorină sau petrol. Pentru desprinderea uşoară a cojilor de pe plăcile metalice de model, acestea se ung cu compuşi ai siliciului (ulei de silicon, stearat de calciu dizolvat în petrol etc).

Metoda de preparare umedă constă în folosirea unui liant lichid (un rezol lichid sau o răşină solidă dizolvată într-un solvent), care se amestecă bine cu nisipul uscat şi urotropina necesară. După amestecare se lasă să se usuce sau se forţează uscarea prin încălzire la 100°C după care amestecul se macină şi se cerne. Metoda asigură un amestec omogen dar are dezavantajul unei perioade lungi de uscare pînă la eliminarea solventului.

Metoda de preparare semiumedă este o cale intermediară, constînd în amestecarea nisipului uscat şi cernut cu praf de răşină solidă, urotropină, după care se umezeşte cu solvent corespunzător (acetonă, alcool) în proporţie de cel mult 2 %, continuîndu-se amestecarea cca o jumătate de oră. Repartizarea liantului pe grăunţii de nisip se face sub forma unui film aderent neuniform distribuit.

B - Plăci de model pentru formare

Plăcile de model metalice se confecţionează de regulă din fontă iar în unele cazuri din aluminiu, bronz şi oţel.

Proiectarea şi execuţia lor trebuie făcută în cele mai bune condiţii dacă prin metoda de turnare se urmăreşte obţinerea de piese de mare precizie. Constructiv, plăcile de model trebuie să ţină cont de forma, mărimea pieselor care se toarnă şi natura aliajelor. Grosimea plăcilor trebuie să fie suficientă (peste 12 mm) pentru a asigura o capacitate termică suficient de mare, căldura plăcii încălzite în prealabil, fiind necesară pentru înmuierea aliajului dar şi pentru menţinerea la suprafaţă a unei temperaturi pentru menţinerea continuităţii procesului de întărire.

Pentru uşurarea extragerii cojii, după formare, la executarea modelelor suprafeţele perpendiculare pe planul de separaţie, se fac uşor înclinate, între 15 min şi 2°.

La dimensionarea modelelor se ţine seama de contracţia în stare solidă a metalului ce se toarnă, de dilatarea modelului la

temperatura de regim şi de contracţia cojii.

In figura 11.21 se prezintă o placă de model prevăzută pe lîngă modelele propriu-zise şi cu reeţeaua de alimentare şi elemente auxiliare ajutătoare. Dimensionarea reţelei de turnare se face pe baza principiilor generale de execuţie a reţelelor.

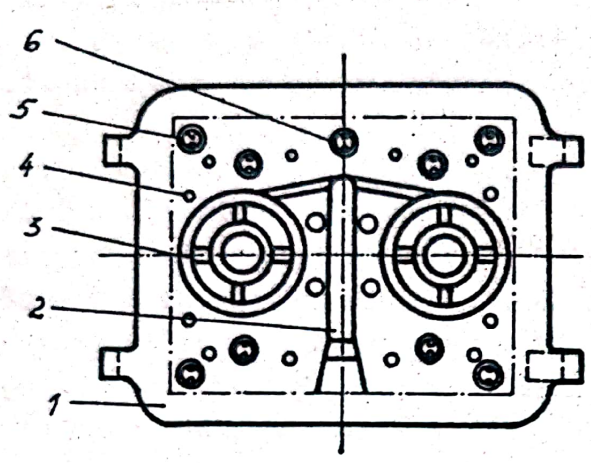


Fig.11.21. Placă de model la confecţionarea formelor-coji
1-placă model; 2-reţea de turnare; 3-model; 4-ridicător; 5-ghidaj; d-distanţier

Dimensionarea reţelei de turnare se face pe baza principiilor generale de proiectare şi execuţie a lor.

C - <u>Formarea, asamblarea şi turnarea</u>

Formarea se execută numai pe cale mecanizată cu plăci de model metalice, maşinile lucrînd prin căderea sau suflarea amestecului de formare din nisip cuarţos şi liant termoreactiv.

1 - <u>Confecţionarea formelor-coji prin căderea amestecului termoreactiv</u>

In figura 11.22 se prezintă schema de principiu a unei maşini de format coji, prin cădere liberă a amestecului, cu rezervor basculant. Schematic, procesul tehnologic este următorul: amestecul de formare preparat printr-una din metodele amintite se introduce în rezervorul dispozitivului de formare (3). Apoi, placa de model (1) încălzită în cuptorul (2) la temperatura de 250 - 300°C se unge sau se stropeşte cu o soluţie de desprindere şi se aşează prin rabatere peste rezervorul basculant cu modelul în jos (poziţia I din figura 11.22). Se fixează de acesta cu dispozitivul de strîngere şi se basculează tot ansamblul cu 180° (poziţia II şi III din figura 11.22). In această poziţie, amestecul de formare cade sub greutatea proprie pe placa de model preîncălzită. Pentru o aşezare cît mai bună, astfel ca în coaja formată să se imprime chiar şi cele mai mici detalii ale modelelor, instalaţia de formare se prevede în mod obişnuit şi cu un dispozitiv mecanic de vibrare.

Căldura produce o înmuiere a liantului şi lipirea

de placă a unui strat de amestec cu grosimea între 4 - 8 mm în funcţie de durata de menţinere în această poziţie (10 - 20 s).

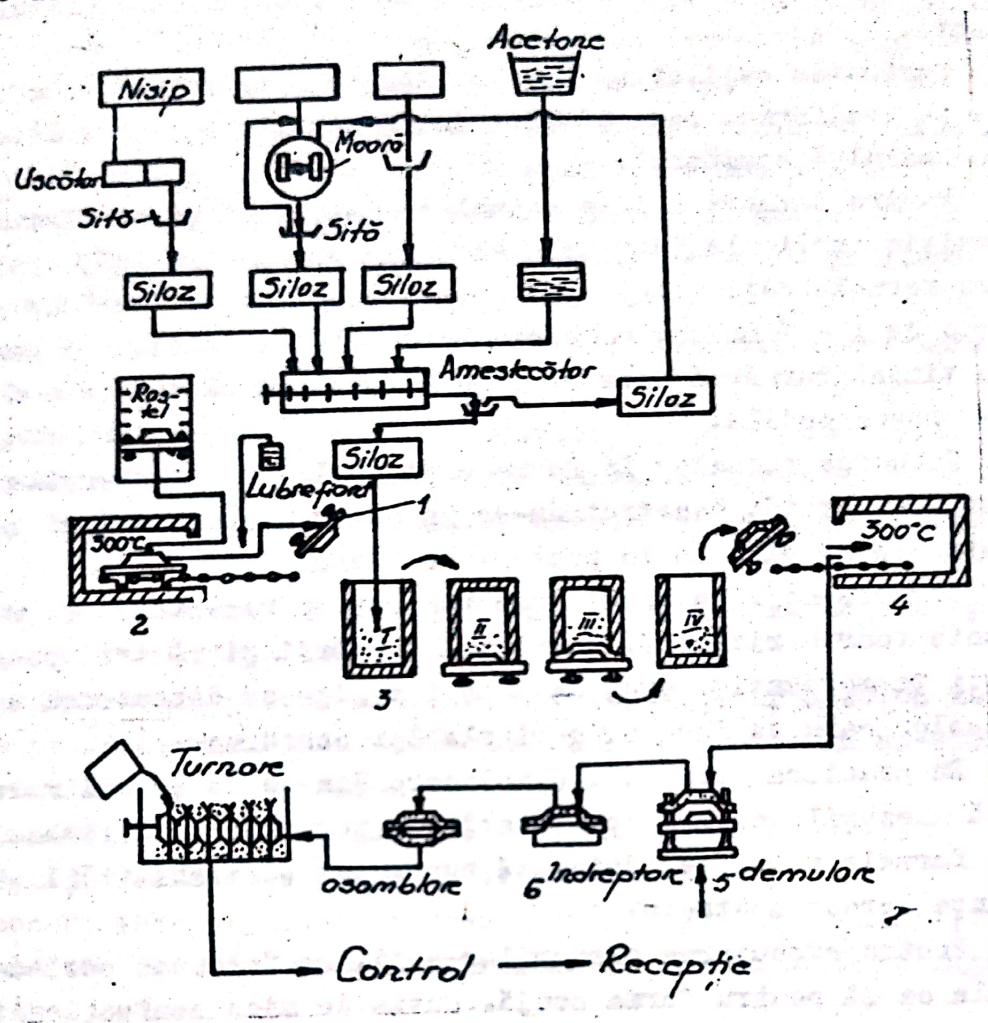


Fig.11.22. Schema instalaţiei de confecţionare a formelor-coji, cu căderea amestecului termoreactiv.
1 - placă model; 2 - cuptor; 3 - cutie (rezervor basculant) de formare; 4 - cuptor; 5 - dispozitiv de extragere; 6 - cadru de îndreptare

După oprirea vibratorului şi răsturnarea cutiei (poziţia IV din figura 11.22), surplusul de amestec cade pe fundul cutiei iar coaja formată crudă rămîne pe placa de model. Se scot închizătoarele din funcţiune, se rabate placa în balamale cu 180° şi se introduce împreună cu coaja în cuptarul IV unde se menţine la temperatura de 300 - 350°C timp de două minute, pentru polimerizare şi întărirea definitivă a liantului.

Urmează extragerea cojii de pe placa de model cu ajutorul unor împingătoare care trec prin orificii practicate în placă, se îndreaptă şi se lasă să se răcească. In acest fel, se execută coji pereche care se asamblează între ele cu ajutorul unor cleme,

arcuri sau prin lipirea marginilor suprafeţelor de separaţie. Dacă este cazul, în prealabil se ageză în forme şi miezurile necesare.

Centrarea cojilor se face cu ajutorul cepurilor proeminente de pe semiformă, care pătrund în locaşurile corespunzătoare de pe cealaltă semiformă.

Pentru turnare cojile asamblate se aşează şi se fixează în poziţie verticală într-un cheson sau cutie metalică, spaţiul dintre formele coji fiind apoi umplut cu alice de fontă cu granulaţia de 1 - 6 mm sau cu nisip (operaţie de balastare) pentru ca în timpul turnării presiunea metalostatică să nu desfacă sau să deformeze cojile.

Turnarea pieselor în forme-coji cu liant termoreactiv este o metodă avansată, construindu-se în acest sens maşini şi agregate automate cu pînă la 18 posturi de lucru.

Formele-coji cu liant termoreactiv au rezistenţă şi permeabilitate foarte ridicată. In timpul turnării şi răcirii pieselor, lianţii termorecativi ard, ceea ce favorizează dezbaterea uşoară a pieselor care se face prin simpla lor scuturare.

In practica turnării, o aplicare din ce în ce mai mare o capătă miezurile-coji folosite atît la turnarea în forme-coji cît şi la formele metalice, datorită bunei lor permeabilităţi şi rezistenţe corespunzătoare.

Pentru executarea miezurilor-coji, se folosesc aceleaşi materiale ca şi pentru forma coajă. Cutia de miez confecţionată din fontă, oţel sau aluminiu se încălzeşte în cuptor pînă la temperatura de regim, se unge pe suprafeţele interioare de lucru şi se umple cu amestec de formare termoreactiv. După formarea cojii, în funcţie de timpul de menţinere în contact a amestecului cu cutia de miez metalică, surplusul de amestec se elimină, rezultînd miezul gol în interior.Metoda cea mai modernă de executare a miezurilor este cea cu ajutorul dispozitivelor de suflat miezuri.

La această metodă de suflare, influenţa presiunii aerului de 3 - 5 kgf/cm^2 care vine de la un compresor, face ca amestecul să fie suflat printr-o diuză verticală în cutia de miezuri, timp de cca 15 s. Aerul care a pătruns în cutie se evacuează treptat prin orificiile înguste ale planului de separaţie al cutiei iar amestecul de formare rămîne proiectat pe întreaga suprafaţă interioară a cutiei, formînd o crustă.

Miezul crud se introduce împreună cu cutia într-un cuptor

pentru coacere la tempratura de 300 - 350°C timp de cca 1 minut, după care se scot din cutie în vederea utilizării.

In comparaţie cu turnarea în amestec de formare obişnuit sau în forme metalice, turnarea în coji cu liant termoreactiv, prezintă următoarele avantaje tehnico-economice:

- se obţin piese cu precizie dimensională ridicată (abaterile fiind de cca ± 0,2 %) şi cu o suprafaţă netedă curată;
- adaosurile de prelucrare pot fi reduse şi uneori chiar înlăturate, obţinîndu-se importante economii de metal şi micşorîndu-se volumul prelucrărilor prin aşchiere;
- tehnologia formării este simplă, cu productivitate mare şi se pretează la automatizare;
- permeabilitatea ridicată a cojilor asigură o bună eliminare a gazelor în timpul turnării, iar conductibilitatea termică redusă a cojilor împiedică formarea crustei dure pe suprafaţa piesei turnate;
- metoda se aplică într-un domeniu larg privind mărimea pieselor şi natura aliajelor turnate;
- consumul de amestec este redus (0,8 - 1,0 kg amestec de formare pe kilogramul piesă turnată, faţă de 4 - 10 kg amestec normal de formare la turnarea în forme crude);
- condiţii uşoare de păstrare şi transport a cojilor.

Dintre dezavantajele metodei menţionăm:

- consum mare de lianţi termoreactivi, care sînt scumpi;
- plăcile de model metalice trebuie executate cu mare îngrijire.

Metoda este recomandabilă pentru turnarea în serie şi masă a pieselor cu greutăţi între 0,1 - 100 kg.

Deşi la prima vedere metoda de turnare în forme-coji apare ca scumpă, din cauza liantului de bachelită, prin economiile de metal şi manoperă, acest lucru este compensat şi prin urmare procedeul de turnare în forme-coji cu liant termoreactiv duce la o reducere medie a preţului de cost pentru piese turnate în proporţie de 20 % iar la piesele finite cu 30 %.

Metoda turnării în forme-coji este mult utilizată în întreprinderile din ţara noastră cum sînt: întreprinderea de autocamioane Braşov, întreprinderea de tractoare Braşov, "Semănătoarea" Bucureşti, întreprinderea "23 August" Bucureşti, întreprinderea metalurgicp Cugir, întreprinderea "Metalotehnica" şi IMATEX Tg.Mureş, I.U.P.S. Botoşani etc.

Semnalăm că în ultima vreme, datorită prețului ridicat a liantului de bachelită, s-a dezvoltat și procedeul de obținere a formelor-coji fără bachelită, folosind ca liant sticla solubilă întărită cu CO_2.

2 - Confecționarea cormei-coji prin suflarea amestecului

Si prin această metodă se confecționează atît forme cît și miezuri. Amestecul de formare se suflă cu aer comprimat, grosimea cojii fiind limitată de o placă de contur. Modelele metalice sînt montate pe plăci metalice, în figura 11.23 fiind prezentată schema unei astfel de mașini. Această metodă se folosește în fabricația de serie și masă a pieselor cu greutate maximă de 150 - 200 kg, asigurîndu-se o productivitate înaltă.

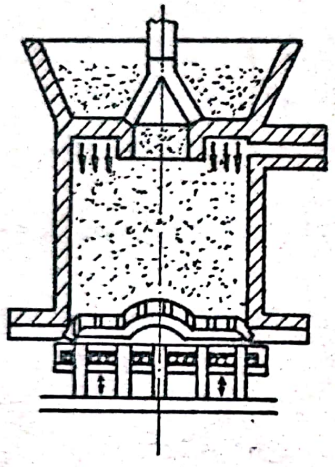


Fig.11.23. Schema mașinii de suflare a amestecului la confecționarea formelor-coji

La mașinile de format cu cădere liberă a amestecului, gradul de îndesare și rezistența mecanică a formei-coajă este redusă și prin urmare îmbunătățirea acestei caracteristici se bazează pe îngroșarea cojii, ceea ce reclamă un conținut ridicat de liant. Față de aceasta, executarea cojilor pe mașină de format prin suflare la care în ultima vreme se practică și îndesare prin presare cu sabot cald, fiind o metodă mult mai avantajoasă economic și asigurînd în același timp o rezistență mecanică superioară a formelor fabricate.

Ca și la metoda anterioară, formele confecționate prin suflare (crude) se supun în continuare acelorași operațiuni de încălzire pentru întărire, extragerea cojii de pe placa de model, îndreptarea și în final, asamblarea semiformelor-coji și turnarea.

11.2.2. Turnarea de precizie cu modele ușor fuzibile (metoda MUF)

Este o metodă de turnare în forme-coji deosebindu-se de procedeul anterior de confecționare a formei coajă, prin procesul tehnologic corespunzător.

Inconvenientul turnării în forme-coji cu plan de separație, așa cum am văzut la metoda anterioară, constă în faptul că piesele pot rezulta cu unele bavuri și abateri dimensionale în direcția perpendiculară pe suprafața de separație a formei.

Acest inconvenient este înlăturat la metoda de turnare cu modele ușor fuzibile, întrucît forma coajă se realizează monolit, fără plan de separație.

Deși acest procedeu este cunoscut încă din Egiptul antic cu cca 4000 ani în urmă, folosit la confecționarea unor obiecte de artă, perfecționarea industrială a fost pusă la punct abia în ultimile trei decenii.

Turnarea de precizie se bazează pe confecționarea modelelor și a rețelei de turnare prin presarea în matriță a unui amestec ușor fuzibil, acoperirea acestor modele cu o masă refractară ceramică (cuarț + liant), obținîndu-se forma coajă, iar după topirea modelului (demularea), urmează calcinarea formelor și umplerea cu metal lichid, pentru obținerea pieselor.

Operațiile principale ale procedeului sînt:

- executarea matriței pentru modele fuzibile;
- executarea modelului ușor fuzibil;
- asamblarea modelelor simple în modelul complex ciorchinele;
- executarea formei de turnare (crustei);
- topirea și evacuarea modelului fuzibil;
- uscarea și calcinarea formelor;
- turnarea pieselor;
- dezbaterea, curățirea și controlul pieselor.

La executarea matrițelor pentru modelul ușor fuzibil, trebue ținut cont de dimensiunile piesei, contracția modelului ușor fuzibil și aliajul din care se toarnă piesa, precum și de dilatarea crustei refractare în timpul uscării și calcinării acesteia.

Matrițele se pot executa din mase plastice, clei, ipsos, cauciuc, aliaje cu punct scăzut de fuziune și din oțel. La serii mari, sînt necesare matrițe executate din oțel cu prelucrări mecanice de precizie.

Modelele ușor fuzibile, se execută din amestecuri de stearină, parafină, ceară de albine, ceresină, mase plastice, preparate după diferite rețete, cele mai recomandate fiind amestecurile pe bază de stearină și parafină.

Amestecul ușor fuzibil este încălzit la temperatura de topire și injectat sub presiune cu ajutorul unor prese de mînă (seringi) sau a unor prese mecanice speciale în cavitățile matrițelor metalice, unse cu ulei vegetal (fig.11.24).

Pentru piesele mici, amestecul se presează în stare păstoasă, iar pentru cele mari, în stare lichidă. Urmează introducerea

matriţelor umplute într-un bazin cu apă rece, pentru solidificarea completă a amestecului. După întărire, matriţele se demontează, se scot modelele care se supun finisării şi depozitării pe tăvi speciale.

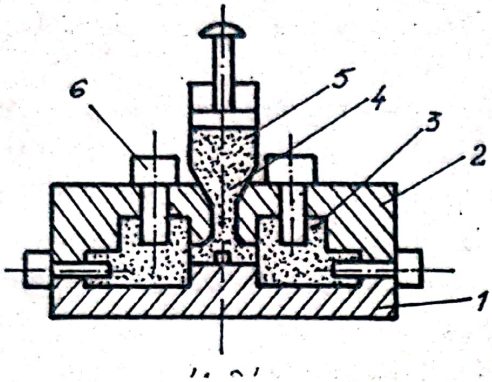


Fig.11.24. Sistemul matriţei pentru confecţionarea modelului uşor fuzibil
1-matriţă inferioară; 2-matriţă superioară; 3-model; 4-reţea de alimentare; 5-sistem de presare 6-miezul

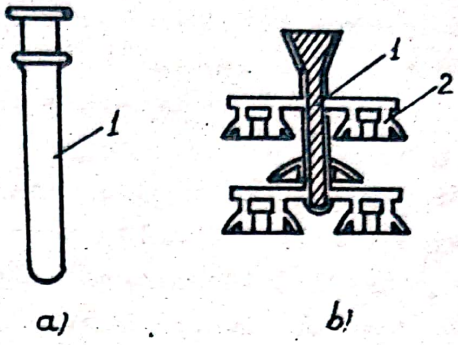


Fig.11.25. Reţea de turnare în ciorchine cu modele uşor fuzibile
a-piciorul pîlniei de turnare; b-reţea de turnare în ciorchine

In cazul turnării pieselor mici, se procedează la asamblarea modelelor în ciorchine (fig.11.25-b), care se realizează prin lipirea acestora de piciorul pîlniei de turnare şi prin intermediul canalelor de alimentare, prin acoperirea cu un strat de ciară a acestui picior, cu o grosime corespunzătoare, tija piciorului de alimentare (fig.11.25-a), fiind confecţionată din aluminiu.

Executarea crustei refractare

Forma de turnare este constituită dintr-o crustă refractară în componenţa căreia intră următoarele materiale: material refractar (făină de cuarţ - marşalită, sau nisip cuarţos) şi lianţi (silicat de sodiu sau silicat de etil hidrolizat).

Cu marşalită şi liantul se prepară o vopsea de anumită vîscozitate (50 - 60 % marşalită şi 50 - 40 % liant), care serveşte la formare, este practic amestecul special de formare.

In cazul turnării oţelurilor cu o temperatură ridicată de topire ca materiale refractare se foloseşte bioxidul de zirconiu, bioxidul de titan sau alţi oxizi cu refractaritate ridicată.

Pentru executarea crustei refractare, care constituie forma pentru turnare, ciorchinele cu modele se cufundă în baia de vopsea în care se menţine 10 - 15 s, agitîndu-se uşor, după care se scot şi se menţin deasupra băii pînă se scurge surplusul de vopsea.

In continuare, ciorchinele se introduce sub un aparat de presărat nisip cuarţos fin, acoperindu-se cu un strat uniform. După această operaţiune, ciorchinele se cufundă într-o baie de fixare cu soluţie apoasă de clorură de amoniu, unde se menţine cel puţin 1,5 min.

Silicatul de sodiu, sub acţiunea clorurii de amoniu se descompune, rezultînd un gel coloidal de silice, care leagă granulele de nisip şi de făină de cuarţ într-o masă monolită dură:

$$Na_2O.nSiO_2+2NH_4Cl = nSiO_2.H_2O + 2NaCl + 2NH_3$$

In cazul folosirii silicatului de etil drept liant în vopsea, operaţia de fixare se realizează prin introducerea ciorchinelui presărat cu nisip într-un curent de amoniac.

După fixare, ciorchinele se ţine într-un curent de aer timp de 20 - 40 minute pentru eliminarea amoniacului şi apei. Se repetă apoi procesul de formare, aşa cum s-a arătat, formîndu-se 4-8 straturi, pînă la obţinerea crustei de grosime necesară.

Urmează acum evacuarea modelului fuzibil din formă prin topire şi recuperarea amestecului respectiv, în acest scop utilizîndu-se topirea modelului, de regulă într-o baie cu apă caldă la temperatura de 80 - 90°C.

Forma cu modelul, se introduce în baia de apă caldă cu gura pîlniei în sus, modelul fuzibil topindu-se, se ridică la suprafaţa apei, de unde se recuperează pentru alte modele.

Evacuarea sau extragerea modelului din formă se face şi pe cale uscată prin insuflare de aer cald la temperatura de 70-80°C sau de abur la 110 - 135°C, asupra ciorchinelui aşezat cu pîlnia în jos deasupra unor tăvi. Amestecul se topeşte şi se scurge afară din formă, de unde este recuperat.

In continuare, forma goală se supune unei calcinări pentru arderea resturilor materialelor organice rămase în formă, ca şi pentru încheierea procesului de întărire. Această operaţiune se execută prin uscare la 175 - 300°C iar apoi, în cutii metalice individuale sau în grupe de ciorchini, se supun calcinării şi turnării. Spaţiile libere dintre ciorchini, din cutiile de calcinare şi asamblare în vederea turnării, se umplu de regulă cu nisip, pentru consolidarea formelor de turnare.

In figura 11.26 se prezintă pentru exemplificare, o formă de ciorchine împachetat în cutia metalică pentru turnare.

Scanned with OKEN Scanner

După împachetarea formelor-coajă, cutiile se introduc în cuptcare pentru calcinare la temperaturi de 900 - 950°C. Formele se scot din cuptor cu cîteva minute înainte de turnare, tûrnarea efăctuîndu-se în forma caldă la temperatura minimă de 725°C.

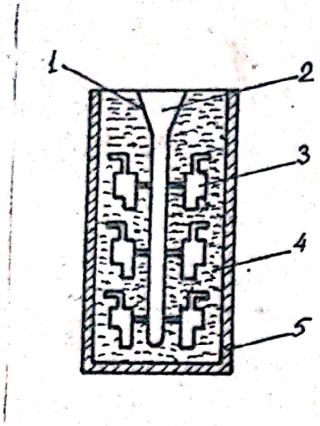


Fig.11.26. Forma ciorchine.
1-crustă; 2-pîlnie centrală; 3-piese; 4-nisip, 5-cutie

După turnare, dezbaterea formelor răcite se face pe un grătar metalic prin lovituri de ciocan, spărgîndu-se sau prin vibrare mecanică. Curăţirea pieselor turnate se efectuează prin sablare, pe cale chimică, cu soluţii alcaline sau cu ultrasunete.

Turnarea de precizie cu modele uşor fuzibile, prezintă următoarele avantaje:

- precizia pieselor turnate este foarte mare, de ordinul sutimilor de milimetru, eliminîndu-se adaosurile de prelucrare şi prin urmare, metoda oferă piese finite;
- supfafaţa pieselor turnate este de calitate superioară;
- forma de turnare nu prezintă plane de separaţie şi piesele turnate nu au bavuri;
- se obţin piese cu configuraţii complicate, a căror fabricare prin prelucrare mecanică ar fi costisitoare;
- metoda prezintă superioritate economică faţă de matriţare, atît prin economie de metal cît şi prin manoperă;
- se pot turna prin această metodă atît aliaje feroase cît şi neferoase. Se pot turna astfel aliaje dure, foarte dure, care nu pot fi forjate, matriţate şi care se prelucrează greu prin aşchiere;
- în cazul turnării în serie, procedeul este rentabil, putîndu-se realiza reduceri de preţ de cost cu 30 - 80 %.

Prin caracteristicile sale, turnarea în forme coji realizate cu modele uşor fuzibile se pretează exclusiv la fabricaţia de serie şi masă a pieselor mici sub 100 kg, de mare precizie, executate în special din oţeluri de construcţie înalt aliate şi de scule.

Astfel, această metodă de formare şi turnare, se foloseşte frecvent pentru turnarea pisselor mici cu formă complicată pentru avioane, maşini de cusut, maşini de calculat, maşini textile, maşini agricole, piese pentru pompele de injecţie la motoarele

Diesel (la Intreprinderea mecanică din Sinaia), piese pentru maşini de scris, aparate de fotografiat şi de proecţie, instrumente chirurgicale, palete de turbină, saps cu role pentru foraj, scule de configuraţie complicată, scule de aşchiere (freze,burghie, alezoare etc), care au nevoie numai de ascuţire etc.

O altă metodă modernă de precizie este cea care foloseşte modele de mercur îngheţat care la - 40°C sînt acoperite prin cufundare cu un strat de material ceramic refractar pe bază de oxid de aluminiu, zirconiu sau titan, restul operaţiunilor fiind identice cu cele arătate mai sus la metoda cu modele uşor fuzibile.

11.2.3. Turnarea în forme întărite cu bioxid de carbon

Acest procedeu apărut în 1953 este cunoscut în literatura de specialitate sub denumirea de procedeul Dietert sau prescurtat, procedeul D.

Procedeul constă din folosirea unui amestec de nisip cuarţos, cu 5 - 6 % silicat de sodiu (sticlă solubilă) care se aplică pe model şi se îndeasă manual sau mecanic.

După îndesarea formei se insuflă timp de 0,5 - 3,0 minute bioxid de carbon la o presiune de 1-3 daN/cm^2 prin intermediul formei.

Sub acţiunea bioxidului de carbon, silicatul de sodiu reacţionează chimic şi amestecul se întăreşte ajungîngu-se la rezistenţa de cca 13 daN/cm^2 cînd forma este gata pentru turnare, fără a mai fi nevoie de uscare interioară.

Intărirea se bazează pe următoarea reacţie chimică:

$$Na_2O.nSiO_2 + CO_2 + mH_2O = nSiO_2.pH_2O + Na_2CO_3(m-p)H_2O$$

(sticlă solubilă) (silicagel) (carbonat de sodiu)

Silicagelul are calitatea de liant legînd granulele de cuarţ într-o masă compactă şi rezistentă.

Pentru turnarea prin acest procedeu, materialele pentru formare trebuie să îndeplinească anumite condiţii:

- nisipul de cuarţ trebuie să fie cît mai curat, să aibă o granulaţie fină, între 0,06 - 0,6 mm şi un conţinut de argilă de cca 3 - 4 %;
- silicatul de sodiu trebuie să aibă un modul m cuprins între 2 - 3,028 şi densitatea de 1,52 - 1,56.

Modulul silicatului de sodiu se estimează cu relaţia:

$$m = \frac{\%\ SiO_2}{\%\ Na_2O} \times 1{,}032$$

Cu cît modulul este mai ridicat, cu atît viteza de transformare este mai mare. Astfel, un amestec la care silicatul de sodiu are un modul cuprins între 2,9 - 3,0, începe să se întărească în aer după 15 - 20 s, iar cu 2,2 - 2,5, după cîteva minute.

Cu acest procedeu se pot executa atît forme cît şi miezuri. Deoarece la încălzire în procesul de turnare amestecul se întăreşte foarte mult, miezurile se dezbat cu mare greutate. Pentru uşurarea dezbaterii, în acest scop în amestec se adaugă 5 - 6 % cărbune.

Formarea se execută la fel ca formarea manuală sau mecanică obişnuită, cu amestec de model şi umplutură în care numai amestecul de model este cu sticlă solubilă. In felul acesta creşte economicitatea procedeului, iar prin folosirea unui strat mai gros de amestec de modl (cu sticlă solubilă), se poate realiza şi o formă-coajă.

Amestecurile în stare crudă neprezentînd o rezistenţă corespunzătoare, întărirea totală sau parţială se face prin insuflare cu CO_2 înainte de extragerea modelului din formă şi a miezului din cutia de miez. Insuflarea bioxidului de carbon se adaptează plăcii de model şi cutiei de miez prevăzîndu-se orificii speciale racordate la instalaţia de insuflare, aşa cum se vede în figura 11.37.

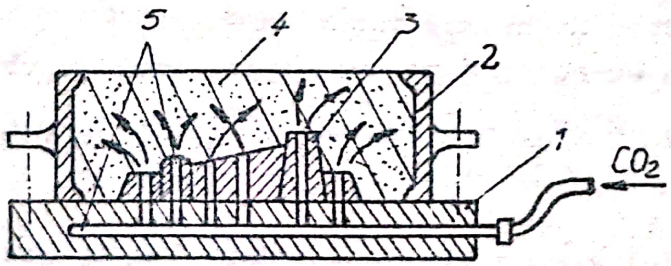


Fig.11.27. Sistem de insuflare a bioxidului de carbon
1 - placă de model; 2 - ramă de formare; 3 - model; 4 - amestec de formare cu sticlă solubilă; 5 - canale pentru CO_2

Executarea miezurilor se face la fel ca şi în cazul metodei clasice în cutii de miez, metalice sau din lemn, cu îndesare manuală sau mecanică. Intărirea miezurilor prin insuflare de bioxid de carbon se poate face fie direct, printr-o conductă cu

găuri (fig.11.28-a), fie prin orificii în cutia de miez (fig. 11-28-b şi c).

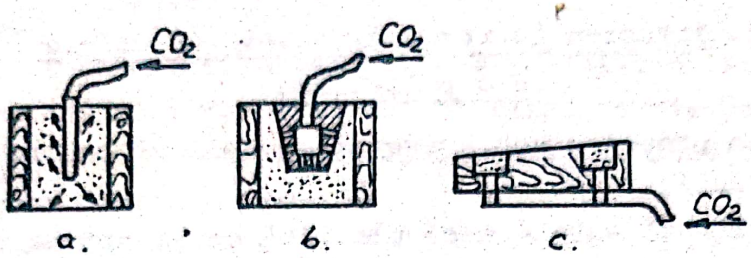


Fig.11.28. Sisteme de insuflare a bioxidului de carbon, pentru întărirea miezurilor
a - prin conductă cu găuri; b,c - prin orificii în cutia de miez

In cazul pieselor mici sau a unicatelor, unde nu este rentabilă practicarea de orificii de insuflare prin placa de model şi prin model, insuflarea cu bioxid de carbon se face prin găurile de aerisire date anterior în formă sau miez, prin intermediul conductei de legătură de la butelie.

Aplicabilitatea metodei de formare şi turnare în forme întărite cu bioxid de carbon, este legată de următoarele avantaje:

- se pot obţine piese precise, întrucît scoaterea modelului din formă se face după ce amestecul s-a întărit;
- formele şi miezurile, prin trecerea bioxidului de carbon şi în urma reacţionării acestuia cu sticla solubilă, dobîndesc o permeabilitate ridicată, ceea ce diminuează periculozitatea apariţiei suflurilor;
- se simplifică procesul tehnologic de formare prin eliminarea operaţiei de uscare;
- se măreşte productivitatea formării;
- se pot înlocui lianţii mai scumpi pentru miezuri;
- se poate utiliza un singur tip de amestec, pentru forme şi miezuri.

Procedeul prezintă însă şi cîteva dezavantaje:

- dezbaterea formelor se face mai greu decît în cazul metodei clasice, iar cea a miezurilor deosebit de greu;
- consumul de bioxid de carbon destul de mare, uneori apărînd greutăţi în exploatarea sistemului de insuflare prin îngheţarea conductelor de CO_2.

Faţă de avantaje, procedeul se foloseşte la turnarea de:

- piese mici de oţel şi fontă, direct în forme-miezuri (fără rame de formare);
- piese mari de oţel şi fontă, unde se impune necesitatea

uscării formelor precum şi a pieselor din aliaje neferoase, la care formele trebuie să aibă o permeabilitate foarte ridicată.

11.2.4. Turnarea în forme executate cu modele din polistiren

Este un procedeu nou brevetat şi aplicat pentru prima dată în 1958 în S.U.A.

Polistirenul este o masă plastică ce se obţine prin polimerizarea stirenului, adică:

$$\left[\begin{matrix} C_6H_5 & & C_6H_5 \\ -CH & - CH_2 - & CH \end{matrix} - CH_2 \right]_n$$

Pentru confecţionarea modelelor se întrebuinţează polistirenul expandat, livrat sub formă de plăci sau blocuri care se prelucrează la fel ca şi modelele din lemn, cu deosebirea că polistirenul se prelucrează mult mai uşor şi este mai uşor.

Caractaeristica importantă a procedeului constă în faptul că modelele din polisitren nu se mai extrag din formă (lipseşte operaţiunea de demolare), ele volatilizîndu-se sub acţiunea căldurii degajate în timpul turnării aliajului lichid în cavitatea formei. Din acest motiv, această metodă este cunoscută în literatura de specialitate şi sub denumirea de turnare în forme pline.

Pentru turnări de piese cu goluri, nu se confecţionează miezuri în cutii de miezuri ci modelul din polistiren se prevede cu goluri interioare, aşa cum se observă pe figura 11.29-a. La formare în golul respectiv, se introduce amestec de formare întocmai ca într-o cutie de miez (fig.11.29-b).

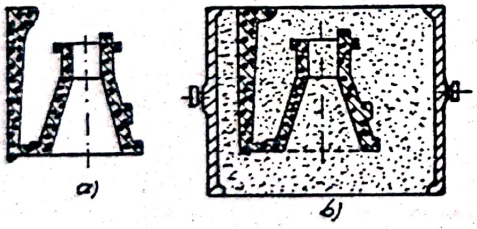


Fig.11.29. Formare cu model din polistiren

Deoarece la formare polistirenul spongios se deformează uşor la îndesarea puternică a amestecului de formare, modelele din polistiren sînt indicate la formarea cu amestecuri de silicat de sodiu întărit cu CO_2. Practica a arătat că în cazul pieselor mici cu greutate pînă la 300 gr se pot turna şi în forme de nisip cuarţos uscat fără nici un fel de liant.

Porii de pe suprafaţa modelului se astupă cu ciară sau parafină, modelul vopsindu-se direct cu vopsea refractară pe suprafaţa activă.

Turnarea se execută prin sifon cu maselote închise, deoarece la turnarea directă se degajă o mare cantitate de gaze şi negru de fum.

In cazul folosirii modelelor din polistiren, se realizează o mare economie la formare, ne mai fiind nevoie de suprafeţe de separaţie, nici de demolare, nici montarea miezurilor în formă, asamblarea formelor etc.

Piesele turnate au o precizie dimensională mare, întrucît nu mai este nevoie de înclinări constructive la modele, lipsind în acelaşi timp bavurile şi deplasările la semiformă.

Polistirenul este indicat şi la formarea cu modele din lemn, pentru executarea părţilor demontabile, a maselotelor închise, a flanşelor şi a altor proeminenţe, care împiedică extragerea modelului din lemn din formă.

Pentru viitor, se prevede extinderea folosirii modelelor din polistiren în turnătorii, mai ales la turnarea de piese individuale, mici etc.

In practica turnării se mai întîlnesc şi alte metode speciale mai rare de turnare cum sînt: turnarea în forme de ciment, turnarea în forme cu ipsos etc., metode care urmăresc obţinerea de piese cu dimensiuni cît mai precise, la un preţ de cost cît mai scăzut şi cu proprietăţi mecanice corespunzătoare.

11.3. Alte metode speciale de turnare

11.3.1. Turnarea în vid

Prin acest procedeu, datorită degazării metalului lichid înainte de turnare, se realizează în procesul de turnare piese compacte cu proprietăţi mecanice foarte bune.

Degazarea metalului topit sub vid, se realizează fie în camera cu vid în care se aşează oala de turnare şi apoi se execută turnarea în condiţii obişnuite (fig.11.30-a), fie în cuptoare de topire cu vid, în care se execută atît elaborarea cît şi turnarea în formă la vid înaintat (fig.11.30-b).

Principalele avantaje ale acestei metode sînt următoarele:

- se pot obţine uşor metale şi aliaje, care să nu conţină: oxigen, hidrogen, azot sau alte gaze;
- se evită pierderile prin oxidare, care ar duce la un consum exagerat de material în proces;
- se pot obţine lingouri sau piese turnate compacte, fără sufluri, cu proprietăţi mecanice superioare;

- consumul de energie electrică pentru o tonă de metal topit este mai mic faţă de turnarea obişnuită.

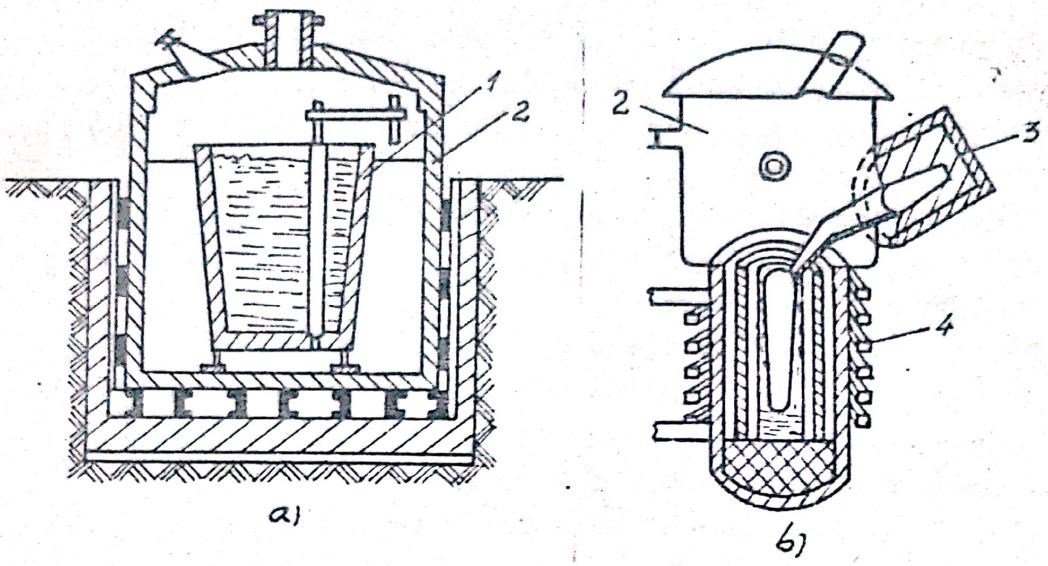


Fig.11.30. Turnarea în vid
a - cameră cu vid; b - cuptor cu cameră de vid şi ataşarea formelor; 1 - oală de turnare; 2 - cameră de vid; 3 - formă; 4 - cuptor cu inducţie

11.3.2. Turnarea într-un cîmp magnetic rotitor

Metoda se caracterizează prin faptul că, sub acţiunea cîmpului magnetic rotitor, metalul este agitat şi rotit în formă. Se poate folosi ca sursă de creare a cîmpului rotitor, statorul unui motor electric bifazat, trifazat sau multifazat.

Introducînd o formă cu metal lichid în acest cîmp, se induc curenţi care vor crea un alt cîmp şi acesta interacţionînd cu primul, dă naştere la forţele electromagnetice care rotesc lichidul. Viteza de rotire se accelerează tinzînd spre echilibrarea vitezei cîmpului, aşa numita viteză de sincronism.

Lîngă peretele formei va rămîne însă un strat subţire cu viteză mică.

Fiind ca un strat calat, curenţii induşi aici vor fi foarte mari, creînd forţe de acţionare mari.

In zona de cristalizare şi în stratul apropiat acţionează forţe alternative perpendiculare între ele, particulele de metal vibrînd, ceea ce conduce la structuri şi proprietăţi mecanice foarte bune.

Din acest punct de vedere, procesul cristalizării este direct legat de alegerea inducţiei B şi a turaţiei n.

Considerînd turnarea într-o formă cilindrică, lichidul se

deplasează în raport cu stratul solidificat cu viteză foarte mare: $\omega = 2\pi$ r.n, favorizînd structura.

Straturile de lichid mai apropiate de axa de rotaţie sînt aruncate de forţele centrifuge spre periferiferie, executînd o presiune asupra straturilor mai depărtate.

Solidificarea metalului începe cu o crustă care aderă la formă şi în care, de asemenea, se vor induce curenţi. Apar deci forţe care vor acţiona pe suprafaţa cilindrică şi pe cele frontale. Crusta plastică abia formată este apăsată puternic pe pereţii formei. Răcirea trebuie să fie făcută intens pentru că la o răcire lentă pot să alunece straturile de metal solid între ele.

Nu se recomandă folosirea formelor metalice, deoarece în acestea apar curenţi turbionari.

Prin această metodă se asigură o amestecare intensă a metalului lichid, o presiune înaltă, care se poate regla cu n (rotaţia lichidului) şi o structură superioară a metalului.

CAP.12. DEFECTELE PIESELOR TURNATE SI REMANIEREA LOR

CONTROLUL SI RECEPTIA PIESELOR TURNATE

In practica turnării, ori cîte măsuri s-ar lua în procesul de fabricaţie, datorită multitudinii factorilor de influenţă, de multe ori piesele rezultă şi cu unele defecte. După caz, nu întotdeauna defectul unei piese poate fi cauza rebutării, ci de multe ori, prin unele metode de remaniere, piesele pot fi acceptate şi supuse recondiţionării.

12.1. Defectele pieselor turnate

Prin defect de turnare, se înţelege orice abatere de la formă, dimensiuni, aspect exterior, macrostructură, microstructură, proprietăţi mecanice, chimice, electrice etc., prescrise pentru piesele de fabricat.

Defectele pieselor turnate sînt clasificate după STAS 782-79 în 8 categorii de defecte, în cadrul fiecărei categorii existînd subclasificări în grupe, subgrupe şi tipuri de defecte.

In cele ce urmează, se prezintă succint cele 8 categorii de defecte cu principalele grupe de defecte ce aparţin acestor categorii şi cauzele care le provoacă.

Grupa A - Excrescenţe metalice

Din această grupă fac parte următoarele defecte: bavura

(A100 - A123), dezaxarea (A222) (deplasarea unei părţi a piesei turnate, în raport cu cealaltă parte a ei), ştirbirea la rece sau la cald (A224); umflătura (A213) (este o proeminenţă sau o îngroşare pe suprafaţa piesei turnate datorită deformării formei sub acţiunea aliajului lichid sau din cauza spălării formei de către jetul de metal), eroziunea (A212), miez rupt (A226), cruste (A315 - A312), picătura (A511) etc., aderenţa, în care intră A200 - A230, care este o crustă de amestec de formare pe suprafaţa piesei turnate şi care face corp comun cu ea, după cum materialul de formare este mai mult sau mai puţin refractar.

După cum se observă în această primă categorie, simbolizarea defectelor de turnare se face printr-o literă mare care indică categoria, urmată de un număr din trei cifre, fiecare cifră a numărului indicînd în ordine: grupa, subgrupa, tipul defectului.

Grupa B - Goluri în corpul piesei

Golurile întrerup continuitatea piesei şi sînt dăunătoare, micşorînd secţiunea efectivă de rezistenţă a acestora.

După natura lor, golurile din piesele turnate pot fi: sufluri (B100), de formă rotunjită, cu suprafeţe netede şi de culoare argintie, retasură (B200) deschisă sau închisă (interioară), microretasură (B224) etc.

Aceste defedte sînt cauzate de un conţinut mare de gaze în metalul topit, permeabilitatea scăzută a formei sau a miezului, uscarea incompletă a oalelor de turnare sau a jgheabului de scurgere a cuptoarelor, impurităţi care degajă gaze în amestecurile de formare, maselote insuficiente sau incorect plasate etc.

Grupa C - Crăpături - discontinuităţi

Crăpăturile sînt discontinuităţi în pereţii pieselor turnate de diferite proveniente. In această categorie deosebindu-se următoarele defecte principale: crăpături la cald (C220), care sînt discontinuităţi intercristaline în pereţii pieselor turnate, produse la temperaturi ridicate ca urmare a frînării contracţiei la răcire de către forma de turnare. Crăpăturile la cald au formă neregulată, cu muchii zdrenţuite şi au pereţii oxidaţi; crăpăturile la rece (C210), nu au suprafeţele oxidate, au muchiile continui şi tăioase; crăpături de tratament termic (C222) sînt mai fine decît cele precedente şi se produc la aplicarea de tratamente termice din cauza încălzirii sau răcirii pieselor cu viteză prea mare; repriza sau sudura la rece este provocată de

nesudarea a doi curenţi de aliaj care se întîlnesc în cavitatea formei, în cazul cînd aliajul are o fluiditate prea scăzută, se prezintă ca o brazdă pe suprafaţa piesei turnate.

Grupa D - Defecte de suprafaţă

Aceste defecte afectează numai suprafaţa piesei,dintre cele mai importante deosebindu-se: caria (D133), care se prezintă ca un canal vermicular, cu margini neregulate şi uneori umplut cu nisip, este cauzat de generări prea mari de gaze la contactul metal-formă; cuta (D113), este o adîncitură sub formă de val care apare pe pereţii piesei turnate din cauza gazelor sau a dilatării pereţilor formei; fagure (D134), se prezintă sub forma unor adîncituri concentrate pe suprafaţa piesei turnate şi se produc din cauza gazelor degajate din aliajul supraîncălzit şi supraoxidat; arsura (D231), este un strat de metal oxidat pe suprafaţa piesei turnate care apare la recoacerea pieselor din oţel şi a celor din fontă albă, pentru maleabilizare, grosimea stratului oxidat atingînd 2-3 mm.

Grupa E - Piesă turnată incomplet

In această categorie intră o serie de defecte cum sînt: porţiuni lipsă din piesa turnată, fără ruptură (E100) şi cu ruptură (E200); piesă cu discontinuităţi)E300). Cauzele acestor defecte pot fi: colţuri rotunjite şi abateri mari de la model, fluiditate necorespunzătoare, turnare incompletă, piesă ruptă, ştirbită mecanic etc.

Grupa F - Dimensiuni sau configuraţii necorespunzătoare

In această categorie intră următoarele defecte: dimensiuni necorespunzătoare (F100), configuraţii necorespunzătoare (F200), deformări ale configuraţiei pieselor (F300). Cauzele acestor defecte pot fi: contracţie neprevăzută sau frânată în procesul solidificării şi răcirii, deformarea modelului la îndesarea amestecului, model necorespunzător executat sau greşit montat, dezaxări de formă şi miez, deformări de contracţie sau după tratament termic etc.

Grupa G - Incluziuni şi defecte de structură

Incluziunile sînt corpuri străine care au fost incluse în aliajul lichid turnat, iar la solidificare au rămas înglobate în piesă, unde întrerup continuitatea ei. După natura lor, se clasifică în: incluziuni de zgură (G120), incluziuni de nisip

(G130), incluziuni nemetalice, oxizi, sulfuri, silicaţi, aluminaţi, carburi; picături reci (G140), incluziuni metalice (G112), (G111). Aceste defecte sînt cauzate de folosirea unor amestecuri de formare necorespunzătoare, cu o rezistenţă scăzută, o îndesare insuficientă sau greşită a formei sau a miezurilor, o construcţie greşită a reţelelor de turnare, lipsa filtrului de zgură, turnarea neatentă a metalului în formă, împreună cu zgura, elaborarea necorespunzătoare a aliajelor folosite la turnare etc.

Grupa H - Compoziţie chimică, proprietăţi mecanice şi fizice necorespunzătoare

In această grupă intră următoarele defecte: neconcordanţa compoziţiei chimice cu prevederile standardelor, a normelor sau ale condiţiilor tehnice (H100); segregaţii (H120); neconcordanţa proprietăţilor mecanice (H200) şi fizice (H300) faţă de prevederile standardelor, a normelor sau ale condiţiilor tehnice.

Cauzele care pot produce aceste defecte pot fi: materii prime necorespunzătoare şi elaborarea greşit condusă a aliajelor lichide, impurităţi în aliaje, viteză de răcire necorespunzătoare, tratament termic greşit aplicat şi altele.

12.2. Remanierea defectelor pieselor turnate

Dacă defectele de turnare sînt fără mare importanţă, localizate pe suprafeţe sau secţiuni nesolicitate, se admite remedierea defectelor, aducînd piesa turnată prin diferite metode de remaniere, la calitatea admisă.

Piesele care prezintă defecte importante care periclitează funcţionarea piesei şi care nu pot fi remediate, se consideră rebut şi sînt trimise la retopire.

Remanierea pieselor turnate cu defecte mici, în funcţie de natura şi importanţa lor, se realizează prin una din următoarele metode:

- ştemuirea se face la piesele puţin importante, prin baterea cu ciocanul a suprafeţei defecte, realizîndu-se o îndesare a materialului;

- împregnarea se aplică pentru înlăturarea porozităţilor ca: sufluri, microsufluri, microretasuri etc. Operaţia constă din presarea în aceste goluri la 4-5 atmosfere a unor soluţii cum sînt soluţiile de carbonat de sodiu, clorură de amoniu, de lac de bachelită etc., care se întăresc şi etanşează piesa;

- aplicarea unor dopuri presate sau înşurubate, pentru elimi-

narea golurilor mai mari;

- supraturnarea. Metoda se aplică la piese din fontă de dimensiuni mari pentru completarea părţilor rupte sau incomplet turnate. In acest scop, se execută o formă locală din amestec de formare în jurul porţiunii care trebuie completată, prevăzută cu un canal de scurgere a fontei lichide turnate şi cu un bazin pentru excesul de fontă lichidă. Se toarnă apoi o cantitate de fontă pînă ce local se realizează sudarea între aliajul supraturnat şi cel turnat propriu-zis, aşa cum se observă în fig.12.1.

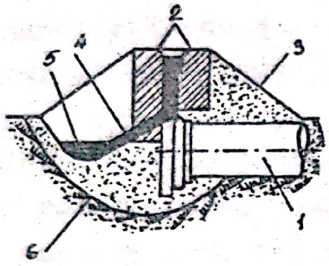


Fig.12.1. Supraturnarea unei flanşe la un tub de fontă
1-piesa cu defect; 2-formă de nisip; 3-amestec de umplutură; 4-canal de scurgere; 5-baie de fontă lichidă; 6-groapă

- sudarea. Această metodă de remaniere dă rezultate bune la piesele turnate din aliajele cu bună sudabilitate, cum este cazul oţelurilor turnats. La celelalte aliaje trebuie luate măsuri speciale de remaniere prin sudură.

Astfel, de exemplu la fonte, care au o sudabilitate slabă, se recomandă sudarea la cald cu preîncălzirea pieselor la cca 600°C, după sudare, răcirea pieselor remaniate trebuind să se facă cît mai lent. In cazul sudării la rece a fontei cenuşii se întrebuinţează electrozi din aliaj monel, cu unele excepţii, ca material de adaus la sudare întrebuinţîndu-se material de aceeaşi compoziţie chimică cu cea a piesei.

La orice piesă, înainte de remanierea prin sudare, defectul este complet îndepărtat prin tăiere cu dalta sau prin aşchiere, sudarea executîndu-se numai pe suprafeţe metalice perfect curate.

- metalizarea suprafeţelor defecte prin pulverizare, poate fi de asemeni, utilizată ca metodă de remaniere.

Căi pentru evitarea rebuturilor

Rebuturile fiind provocate de defecte constatate şi cunoscute, ele pot fi în principiu eliminate sau reduse, acţionînd asupra cauzelor care le-au provocat.

Pentru a putea descoperi cauzele şi pentru a se lua măsurile necesare de îndreptare a procesului tehnologic, se ţine o evidenţă statistică exactă a defectelor şi rebuturilor apărute.

Ca linie generală, rebuturile pot fi eliminate printr-o tehnologie corect aplicată şi un control riguros al procesului de fabricaţie.

12.3. Controlul şi recepţia pieselor turnate

Asigurarea unei producţii de piese turnate de calitate corespunzătoare, este dată de respectarea tuturor condiţiilor tehnologice pe întregul parcurs al procesului de fabricaţie a pieselor prin turnare. Ţinînd cont de complexul operaţiilor şi varietatea materialelor utilizate, reuşita fabricaţiei nu este posibilă fără un control bine organizat care să acopere tot cîmpul de lucru din turnătorie.

In principiu, organizarea controlului trebuie să asigure prevenirea defectelor şi controlul final, în vederea recepţionării pieselor turnate. In acest sens se disting două tipuri de control: preventiv şi final.

Controlul preventiv are în sarcină următoarele probleme:

- recepţia materiilor prime: nisipuri, lianţi, fonte brute, fier vechi, combustibil;
- recepţia materialelor auxiliare: vopsele, lacuri, materiale refractare;
- controlul modelelor şi altor aliaje;
- controlul preparării amestecurilor de formare şi a amestecului preparat;
- controlul executării formelor, a miezurilor şi uscarea lor;
- montarea miezurilor şi asamblarea formelor;
- controlul elaborării aliajului;
- turnarea şi controlul compoziţiei chimice a metalului lichid, a temperaturii de turnare, determinarea fluidităţii etc.

Controlul final cuprinde următoarele:

- se ocupă de aspectul general şi dimensiunile pieselor turnate;
- verifică tratamentul termic aplicat pieselor turnate;
- verifică modul de executare a probelor de presiune;
- verifică calitatea materialelor pieselor turnate;
- verifică defectele exterioare şi în special interioare.

Controlul final stabileşte şi clasifică defectele şi hotărăşte rebutarea, remanierea sau recepţionarea pieselor turnate.

Controlul tehnic în turnătorii este un serviciu de mare importanţă şi se bazează în desfăşurarea activităţii pe următoarele documente de bază: desene, planuri de operaţii, norme interne, STAS-uri, instrucţiuni generale şi speciale.

Scanned with OKEN Scanner

CAP.13. CONSIDERATIUNI TEHNICO-ECONOMICE IN TURNATORII

13.1. Elemente de construcţie a pieselor turnate şi proiectarea formelor

Principalele probleme care trebuie rezolvate la stabilirea tehnologiei de fabricare a unei piese prin turnare, sînt următoarele:

- Analiza tehnologicităţii piesei de turnat şi proiectarea modificărilor constructive şi de material ale piesei turnate care uşurează fabricarea şi reduc preţul de cost;
- Stabilirea procedeului de execuţie a piesei turnate.
- Proiectarea configuraţiei piesei turnate în funcţie de condiţiile specifice ale procedeului de execuţie ales.
- Proiectarea construcţiei reţelei de turnare şi analiza fenomenelor termice care intervin în timpul răcirii piesei turnate.
- Proiectarea maselotelor şi răcitoarelor (dacă e cazul).

In cele ce urmează, se vor da cîteva indicaţii mai importante din aria de rezolvare a acestor probleme.

Analiza tehnologicităţii piesei de turnat, se face în funcţie de forma, mărimea şi dimensiunile piesei, seria de fabricaţie.

a - Construcţia unei piese turnate este tehnologică atunci cînd ea este realizabilă în condiţiile tehnico-materiale date ale producţiei, sub raportul unei executări uşoare şi economice, cu siguranţa obţinerii unor produse fără defecte.

Analiza tehnologicităţii pieselor turnate urmăreşte cu precădere următoarele elemente: grosimea pereţilor, razele de racordare ale îmbinărilor de pereţi, construcţia golurilor interioare şi concentraţiile mari de metal.

Grosimea pereţilor piesei turnate se determină, pe de o parte, prin condiţiile constructiv-funcţionale impuse acesteia şi pe de altă parte, din proprietăţile tehnologice de turnare ale metalului ca şi din particularităţile procedeului de turnare aplicat.

De asemeni, se ţine seama de modul de cristalizare a metalului, care se produce întotdeauna perpendicular pe suprafaţa de contact, adică în sensul scurgerii fluxului termic, precum şi de faptul că răcirea se dezvoltă de jos în sus, ceea ce impune ca pereţii subţiri să fie plasaţi în partea inferioară.

Valorile minime ale grosimii pereţilor considerate tehnologice, se limitează în aşa fel încît să se preîntîmpine umplerea

incompletă a formei, apariţia tensiunilor interne şi crăpăturilor la cald, formarea retasurilor de contracţie şi suflurilor.

Referitor la grosimea pereţilor tehnologici, pentru turnarea în forme temporare cu pereţi groşi, se dau date în tabelul 13.1, pentru forme temporare cu modele uşor fuzibile, în tabelul 13.2, pentru formele metalice (cochile), în tabelul 13.3, iar pentru turnarea sub presiune în tabelul 13.4.

Tabelul 13.1

Grosimea minimă a pereţilor considerată tehnologică la turnarea în forme temporare cu pereţi groşi

Materialul	Mărimea piesei turnate	Grosimea minimă a pereţilor în mm
Fontă cenuşie obişnuită şi cu grafit nodular	mică (sub 2 kg)	3 ... 4
	mijlocie (2 ... 50 kg)	6 ... 8
	mare (peste 50 kg)	10 ... 20
	lungimea pereţilor piesei, în mm	
Bronzuri normale	sub 50	3
	50 ... 100	5
	100 ... 250	6
	250 ... 600	8
Bronzuri speciale şi alame	mică	6
	mijlocie	8
Aliaje de aluminiu	piese mici cu lungimea maximă a pereţilor, în mm	
	200	3... 5
	800	5... 8
Aliaje de magneziu	mică	4
	mijlocie cu lungimea pereţilor în mm, de maxim 400	6

Tabelul 13.2

Grosimea minimă a pereţilor considerată tehnologică la turnarea în forme temporare-coji realizată cu modele uşor fuzibile

Materialul	Dimensiuni de gabarit ale piesei turnate, în mm				
	10..50	500..100	100..200	200..300	peste 350
Fontă cenuşie	1,o	1,5	2,o	2,5	3,5
Oţel carbon	1,5	2,o	2,5	3,o	4,o
Aliaj de Cu,Al,Mg	1,5	2,o	2,5	3,o	3,5
Aliaje de Sn,Pb	o,7	1,o	1,5	2,o	2,5

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 13.3

Grosimea minimă a pereţilor considerată tehnologică la turnarea în cochile

Materialul	Suprafaţa peretelui, în cm^2	Grosimea minimă a peretelui, mm
Fontă cenuşie	sub 25	4
	25 ... 125	6
Oţel bazic	-	10
Oţel acid	-	8
Bronzuri	sub 30	4 ... 6
Aliaje de aluminiu	sub 30	3 ... 4
Aliaje de magneziu	sub 30	3

Tabelul 13.4

Grosimea minimă a pereţilor considerată tehnologică la turnarea sub presiune

Materialul	Suprafaţa peretelui, în cm^2				
	sub 25	25...100	100...225	225...400	400...1000
Aliaje de Cu	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0
Aliaje de Al	1,0	1,5	2,0	2,5	4,0
Aliaje de Mg	1,3	1,8	2,5	3,0	4,0
Aliaje Sn-Pb	0,6	0,6	1,1	1,5	-

Referitor la grosimea pereţilor, trebuie arătat că nu trebue să se depăşească grosimile tehnologice superioare admise întrucît creşte consumul de metal şi pericolul de apariţie a retasurilor interioare şi porozităţilor. Atunci cînd se urmăreşte mărirea rigidităţii unei piese, mai eficientă este soluţia consolidării pereţilor piesei cu nervuri şi nu prin creşterea grosimii lor.

Pentru asigurarea obţinerii unor piese turnate fără defecte de tipul retasurilor de contracţie, porozităţilor şi crăpăturilor la cald, se recomandă respectarea următoarelor măsuri:

- la îmbinarea pereţilor pieselor turnate trebuie să se evite unghiurile ascuţite.

Pentru exemplificare, în figura 13.1, se prezintă cazul unei îmbinări unghiulare drepte.

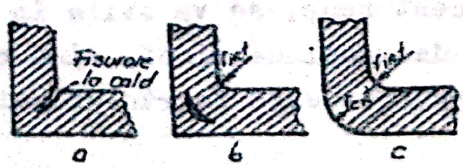


Fig.13.1. Stabilirea razelor de racordare la o îmbinare unghiulară dreaptă

Razele de racordare necesare se pot determina în acest caz după diagrame de tipul celei din figura 13.2.

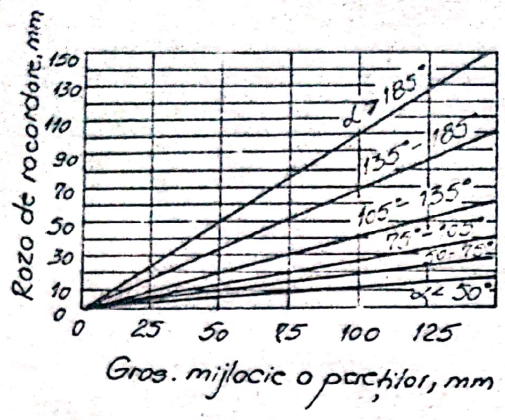


Fig.13.2. Diagramă pentru determinarea razelor de racordare la piesele turnate

- Trecerea de la secţiuni mici ale pereţilor la secţiuni mai mari trebuie să se facă lin, cu o racordare corectă, folosind raze de racordare suficient de mari. In acest sens, cea mai bună racordare este cea care asigură eliminarea defectului de microretasură în nod termic. Pentru uniformizarea grosimii pereţilor, cea mai bună metodă de proiectare este metoda cercurilor înscrise.

- Ca regulă generală, se recomandă evitarea concentraţiilor mari de metal în piesa turnată, din cauza pericolului de formare a retasurilor. In acest scop, se efectuează modificări constructive cum ar fi de exemplu înlocuirea îmbinărilor în X cu îmbinări în Z, cum se vede pe figura 13.3. In cazul cînd concentraţia de metal este inevitabilă, se va urmări compensarea retasurii prin asigurarea condiţiilor de solidificare dirijată în locul solidificării simultane, folosind maselote şi răcitoare proiectate şi amplasate corespunzător.

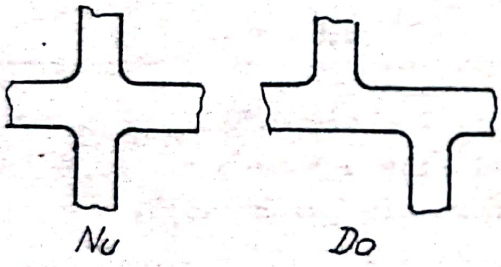


Fig.13.3. Eliminarea concentraţiilor de metal prin măsuri constructive

Golurile interioare ale pieselor turnate se realizează cu ajutorul miezurilor, miez care cere un consum exagerat de manoperă, complică forma şi măreşte pericolul de rebutare ridicînd preţul de cost al confecţionării formei şi curăţirii piesei turnate. Ca urmare, ori de cîte ori este posibil, se impune renunţarea la folosirea miezurilor. In acest sens, se va evita în special folosirea de miezuri lungi, de secţiune mică, cînd rigiditatea lor este insuficientă, curăţirea este foarte greoaie iar evacuarea gazelor dificilă.

Faţă de cele de mai sus, diametrele minime ale miezurilor în mod obişnuit se admit între limitele: 3-5 mm pentru aliaje

uşoare, 5-7 mm pentru fontă, 6 - 10 mm pentru oţel.

b - Domeniile de utilizare şi principalele caracteristici ale procedeelor de turnare sînt prezentate în tabelul 13.5.

Tabelul 13.5

Domeniile de utilizare şi principalele caracteristici ale procedeelor de turnare

Procedeul de turnare	Domeniul de aplicare	Caracteristici
1	2	3
Forme temporare cu pereţi groşi	Fabricarea pieselor turnate, care necesită utilizarea unui număr mare de miezuri, din orice aliaj de turnătorie. Fabricarea pieselor mari în producţie individuală şi de serie mică. Fabricarea pieselor în producţie de serie mare şi masă în condiţiile unui grad de mecanizare ridicat.	Posibilitatea realizării unor piese complicate cu pereţi subţiri. Precizia scăzută, volum de muncă şi preţ de cost ridicat.
Forme temporare coji realizate cu modele uşor fuzibile	Fabricarea pieselor mici şi mijlocii de construcţie complicată din oţel şi aliaje speciale. Aplicarea este justificată economic la piesele fabricate anterior din semifabricate laminate sau forjate supuse prelucrării mecanice sau la piese cu prelucrare mecanică complicată şi dificilă. Procedeul este rentabil la producţia anuală de peste 100 tone (min 500 buc/an piesă de configuraţie simplă sau 50 buc pe an piese de configuraţia complicată).	Posibilitatea obţinerii unor piese de precizie ridicată şi cu suprafeţe foarte curate. Volumul de muncă mare şi preţ de cost ridicat al pieselor turnate.
Fonte temporare coji realizate cu liant pe bază de răşini termoreactive.	Fabricarea pieselor cu pereţi subţiri din orice aliaje. Procedeul este rentabil în producţia de serie şi de masă sau în producţia de piese cu masă pînă la 25 - 30 kg, care se utilizează fără o prelucrare mecanică ulterioară sau cu o prelucrare mecanică neînsemnată.	Posibilitatea obţinerii unor piese turnate de precizie. Procesul tehnologic poate fi uşor mecanizat. Costul ridicat al răşinilor termoreactive.

Tabelul 13.5 - continuare

1	2	3
Forme durabile (cochile)	Fabricarea pieselor cu proprietăţi mecanice superioare şi de mare etanşeitate din fontă, oţel şi aliaje neferoase. Fabricarea pieselor cu pereţi groşi cu configuraţie relativ simplă. Procedeul este rentabil în producţia de serie şi masă, la acelaşi grad de mecanizare ca şi turnarea în forme temporare cu pereţi groşi.	Posibilitatea obţinerii pieselor de precizie mai ridicată decît la turnarea în forme temporare cu pereţi groşi cu adaosuri de prelucrare mecanică mai mici. Este dificilă obţinerea pieselor de confăguraţie complicată cu pereţi subţiri.
Turnare sub presiune	Fabricarea pieselor de configuraţie complicată şi cu pereţi subţiri în special din aliaje neferoase şi mai rar din oţel. Procedeul este rentabil în producţia de masă.	Posibilitatea obţinerii de piese cu precizie ridicată şi cu suprafeţe curate. Durabilitatea redusă a matriţelor la turnarea aliajelor cu punct ridicat de topire, (oţel,aliaje de cupru etc). Costul ridicat al matriţelor.

Alegerea celui mai raţional procedeu de execuţie a unei piese turnate, este adeseori îngreuiată de faptul că există mai multe procedee care pot asigura piese la nivelul condiţiilor impuse prin condiţiile tehnice. In astfel de cazuri, alegerea procedeului de turnare optim este decisă de preţul de cost,urmărindu-se atingerea unui nivel minim al cheltuielilor de producţie.

c - La proiectarea configuraţiei piesei turnate, se au în vedere următoarele elemente de bază:

- executarea uşoară, economică şi corectă a modelelor formelor şi miezurilor, în care scop se urmăreşte rezolvarea următoarelor măsuri:

- partea inferioară şi exterioară a conturului piesei să aibă forma unor figuri geometrice regulate, ceea ce asigură o construcţie simplă şi compactă a piesei. Din acest punct de vedere, în figura 13.4 se prezintă o piesă complicată, simplificată prin reducerea şi eliminarea suprafeţelor curbe care necesitau miezuri montate lateral iar în figura 13.5 se preuintă o construcţie simplă şi compactă a unei piese la care s-a eliminat suprafaţa curbă greu de executat.

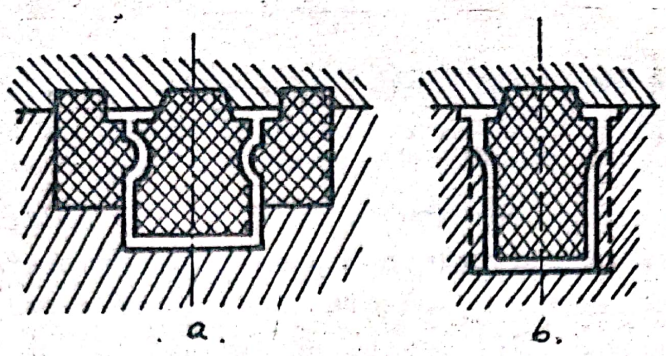


Fig.13.4. Simplificarea formei interioare a unei piese turnate
a-formă complicată care necesită două miezuri laterale;
b-formă simplificată prin eliminarea suprafeţei curbe

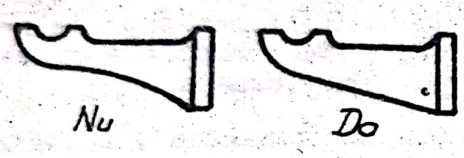


Fig.13.5. Asigurarea unei construcţii simple şi compacte a piesei turnate

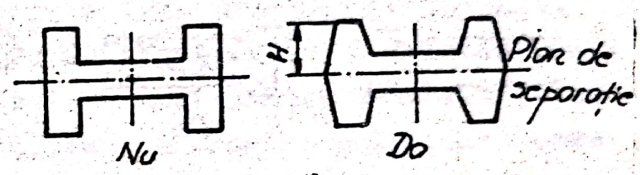


Fig.13.6. Asigurarea înclinărilor constructive ale piesei turnate.

- forma piesei şi respectiv a modelului să necesite un număr nimim de plane de separaţie, întrucît mărirea numărului acestora scumpeşte formarea şi curăţirea, micşorînd în acelaşi timp precizia de prelucrare a piesei;

- pentru uşurarea demulării, suprafeţele laterale ale piesei trebuie prevăzute pe cît posibil cu înclinări constructive (fig.13.6), în caz contrar aceste înclinări vor conduce la adaosuri tehnologice şi consum specific de metal ridicat.

Aceste înclinări, în funcţie de înălţimea piesei pînă la planul de separaţie H, se iau între limitele:

1 : 5 pentru înălţimea H sub 25 mm;

1 : 10 ... 1 : 20 - pentru H între 25 şi 500 mm;

1 : 50 - pentru înălţimea H peste 500 mm.

- Să se evite folosirea modelelor cu părţi demontabile deoarece pe de o parte, creşte durata şi complexitatea formării iar pe de altă parte scade precizia piesei turnate;

- trebuie să se evite trecerile înguste între părţile piesei turnate, deoarece formarea şi consolidarea părţilor corespunzătoare ale formei împotriva distrugerii în timpul transportării şi turnării este complicată şi creşte pericolul de rebutare.

Umplerea cavităţii formei în condiţii care să asigure obţinerea unei piese lipsite de defecte. Pentru aceasta este necesar ca:

- poziţia piesei turnate în formă să fie astfel aleasă încît părţile cele mai importante ale piesei, la care nu se admit defecte să fie plasate în jumătatea inferioară a formei;
- grosimea pereţilor piesei să fie cît mai uniformă şi să asigure o umplere continuă, fără întreruperi, ale cavităţii formei;
- să se evite suprafeţele orizontale mari, pentru a nu se favoriza formarea suflurilor, imprimîndu-se înclinări corespunzătoare;

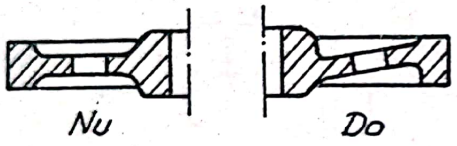


Fig.13.7. Evitarea suprafeţelor orizontale mari ale pieselor turnate

- la piesele turnate cu pereţi subţiri din aliaje de calitate inferioară şi coeficient de contracţie redus, dimensionarea piesei va urmări asigurarea principiului solidificării simultane;
- la piesele turnate cu pereţi groşi din aliaje cu contracţie mare se va asigura principiul solidificării dirijate.

Curăţirea şi debavurarea uşoară şi ieftină a piesei turnate. Pentru aceasta trebuie respectate următoarele condiţii:

- acces comod la toate suprafeţele interioare ale piesei turnate, în vederea eliminării uşoare a miezurilor şi curăţirii interioare uşoare a pieselor;
- obţinerea unui număr şi lungimi de valori minim şi plasarea acestora pe suprafeţe cu prelucrări ulterioare;
- prevederea unui număr minim de maselote uşor de îndepărtat pentru o singură operaţie de prelucrare mecanică.

Prelucrarea mecanică ulterioară, să fie uşoară şi economică, în care se urmăreşte:

- evitarea în limita posibilului sau reducerea la minimum a numărului şi mărimii suprafeţelor cu prelucrări ulterioare;
- prevederea de suprafeţe de bazare, fixarea pe maşini-unelte, de flanşe sau urechi, pentru prinderea uşoară şi sigură pe maşini-unelte;
- prevederea de spaţii suficiente pentru accesul sculelor aşchietoare.

Scanned with OKEN Scanner

In ce priveşte rezolvarea problemelor de proiectare a construcţiei reţelelor de turnare şi de analiza fenomenelor termice cu proiectarea maselotelor şi răcitorilor, aceasta constituie obiectul literaturii de specialitate.

13.2. Elemente de organizare şi mecanizare în turnătorii

Intrucît procesul tehnologic de turnare este un proces complex, cu multe operaţii de lucru, rezolvarea optimă a traseului tehnologic de fabricaţie reclamă amenajarea cît mai corectă a atelierelor de turnătorie.

In sensul celor de mai sus, se recomandă respectarea următoarelor principii de bază:

- suprafeţele de lucru să fie specializate (depozite de materiale pentru elaborare, materiale auxiliare pentru formare, hala cuptoarelor, ateliere de formare, miezuire, deturnare etc);
- atelierele să fie suficient de mari pentru evitarea strangulărilor, echipate cu instalaţiile tehnologice corespunzătoare procesului de lucru, dotate cu mijloace de ridicare şi transport adecvate;
- amplasarea atelierelor să se facă conform fluxurilor impuse de procesul de fabricaţie;
- amplasarea turnătoriei faţă de magazii şi restul atelierelor trebuie astfel făcută încît transporturile cu căile ferate sau alte mijloace de transport să se facă uşor şi conform fluxului general al uzinei.

In turnătoriile moderne, în scopul îmbunătăţirii calităţii şi creşterii productivităţii, majoritatea operaţiunilor sînt mecanizate, operaţiile mecanizate împărţindu-se în două grupe: tehnologice şi de transport.

Operaţiile tehnologice care se supun mecanizării sînt următoarele:

- pregătirea nisipului (concasare, uscare, măcinare);
- pregătirea amestecului folosit (dezbatere, cernere, separare magnetică);
- prepararea amestecurilor de formare (dozare, amestecare, dezintegrare);
- îndesarea la maşini de format;
- executarea miezurilor cu maşini;
- uscarea miezurilor;
- încărcarea mecanică a cuptoarelor;
- curăţirea mecanică a pieselor.

Mecanizarea transporturilor este de importanţă primordială pentru creşterea productivităţii, cunoscut fiind că pentru fabricarea unei tone de piese turnate se manevrează şi manipulează 100 - 300 tone materiale şi utilaje.

Pentru transporturi se utilizează căi ferate, vagonete de Decauville, macarale şi poduri rulante, transportoare, benzi, elevatoare, căi cu role, transportoare mecanizate, transportoare cu monoşină, conweere etc.

In cazul cînd mecanizarea operaţiilor tehnologice este combinată cu mecanizarea transporturilor iar procesul tehnologic se desfăşoară cu flux continuu, se realizează ceea ce se numeşte mecanizare complexă.

In figura 13.8 se dă spre exemplificare schema organizării unei turnătorii mecanizate în flux continuu.

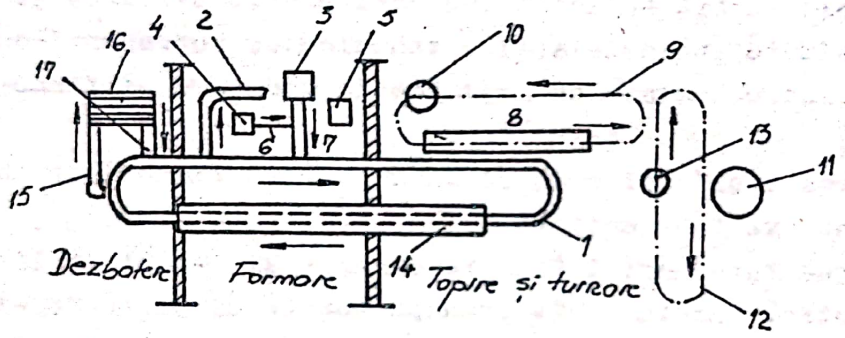


Fig.13.8. Schema de organizare a unei turnătorii

Conform figurii 13.8, turnătoria este organizată cu trei încăperi distincte în care circulă un transportor cu circuit închis cu plăci (1). Semiformele inferioare se execută cu maşina de formare (3) care le răstoarnă pe calea cu role (7). Semiformele superioare sînt executate la maşina de format (4), de unde pe monoşina (6) sînt transportate lac calea cu role (7) şi aşezate deasupra formelor inferioare după ce în prsalabil, după caz, au fost montate şi miezurile.

Amestecurile de formare sînt transportate pe benzi în silozuri (nereprezentate pe figură), aşezate deasupra maşinilor (3) şi (4), iar ramele goale sînt aduse pe calea cu role (2) de la instalaţiile de dezbatere.

Miezurile se execută în secţia de miezuri, de unde sînt aduse cu electrocarele şi aşezate pe stelajele (5).

Formele asamblate ajung pe transportorul (1), care ne aduce în faţa platformei de turnare (8).

Fonta elaborată în cuptorul (11) este transportată în oala intermediară (13) pe monoşina (12) şi trecută în oala de turnare (10) care se deplasează pe monoşina (9) în lungul transportorului (1) unde mecanizat se toarnă în formă.

In continuare, formele cu transportorul (1) sînt trecute pe sub mantaua de răcire (14), unde circulă un curent de aer rece. De aici formele sînt trecute apoi pe calea cu role (15) care le transportă pe grătarul de dezbatere (16).

Amestecul de formare dezbătut cade sub grătar, de unde se transportă la instalaţiile de regenerare.

Piesele care rămîn pe grătar sînt duse la locul de curăţire, iar ramele de formare goale sînt transportate pe calea cu role (17), transportorul (1) şi calea cu role (2), la maşinile de format.

In general, mecanizarea complexă prezintă următoarele particularităţi:

- avantaje: capacitate şi productivitate mare, spaţii ocupate mici; consum redus de manoperă.
- dezavantaje: necesită un număr mare de muncitori calificaţi pentru întreţinere; în cazul unor defecţiuni la un agregat cheie, se blochează întreaga activitate a turnătoriei.

13.3. Securitatea muncii la turnătorie

Datorită condiţiilor de lucru complexe şi grele din turnătorii, pentru evitarea îmbolnăvirilor profesionale şi a accidentelor de muncă, trebuie dată o atenţie deosebită măsurilor de protecţia şi securitatea muncii.

Astfel, în afara măsurilor privind orice atelier, referitor la exploatarea instalaţiilor electrice, a instalaţiilor de aer comprimat, exploatarea macaralelor, ordinea în ateliere, spaţii de circulaţie, protecţia mecanismelor în mişcare etc., măsurile pentru protecţia muncii în turnătorii specifice, se împart în trei categorii:

1 - Măsuri organizatorice pentru protecţia muncitorilor şi evitarea accidentelor de muncă cum sînt:

- statistica sanitară a accidentelor şi măsurile care rezultă din acestea;
- instruirea muncitorilor de toate gradele pentru combaterea accidentelor şi cunoaşterea prescripţiilor privitoare la protecţia muncii.

Scanned with OKEN Scanner

2 - Măsuri tehnice pentru protecţia sănătăţii muncitorilor şi evitarea accidentelor de muncă cum sînt:.

- ventilaţie şi asigurarea unei atmosfere sănătoase în spaţiile de lucru ale turnătoriei;
- înlăturarea zgomotului şi trepidaţiilor;
- asigurarea unui iluminat adecvat;
- mecanizarea lucrărilor periculoase şi obositoare.

3 - Măsuri pentru asigurarea securităţii muncii în diferite sectoare de producţie a turnătoriilor şi dispozitive de protecţie.

Obs. Măsurile de protecţia muncii detaliate pentru lucrul în turnătorii, sînt prezentate în îndrumarul de laborator de lucrări practice la tehnologia materialelor pentru ingineri cu profil mecanic, vol.II, elaborat de un colectiv de la Catedra de Tehnologia metalelor Iaşi.

13.4. Indici tehnico-economici

Pentru aprecierea rezultatelor obţinute sau prevederea unor rezultate scontate, producţia de piese turnate se analizează în baza mai multor indici tehnico-economici, dintre care mai importanţi pentru turnătorie sînt următorii:

- indicatori de circulaţie şi utilizare a metalului;
- indicatori de productivitate;
- indicatori de consum;
- indicatori de eficacitate economică.

13.4.1. Indicatori de circulaţie şi utilizare a metalului

Pentru producţia curentă, elaborarea metalului lichid se bazează pe utilizarea pe de o parte de materiale aprovizionate din afara uzinei şi pe de altă parte, de materiale ce reprezintă deşeuri curente de fabricaţie (maselote, reţele - capete pierdute, rebuturi, resturi de turnare, vărsături).

Lichidul obţinut, se toarnă apoi şi se obţin piese bune, rebuturi, maselote, reţele, resturi, vărsături, toate cu excepţia pieselor bune, reintrînd în circuitul de fabricaţie.

Conform celor de mai sus şi a notaţiilor de mai jos, circulaţia metalului în procesul de fabricare a pieselor turnate se prezintă în schema din figura 13.9. Pe această schemă, semnificaţia notaţiilor este următoarea:

I - încărcătura metalică;
MA - metal aprovizionat din afara turnătoriei;

MR - metal în recirculaţie;
ML - metal lichid elaborat;
pE - pierderi la elaborare;
pT - pierderi totale la turnare;
pTn - pierderi la turnare nerecuperabile;
pTr - pierderi la turnare recuperabile;
pn - pierderi totale nerecuperabile;
MLF - metal lichid turnat în formă;
mr - maselote + reţele de turnare;
PT - piese turnate;
R - rebut total;
PB - piese bune turnate;
RT - rebut în turnătorie;
RU - rebut la uzinare din defecte de turnare.

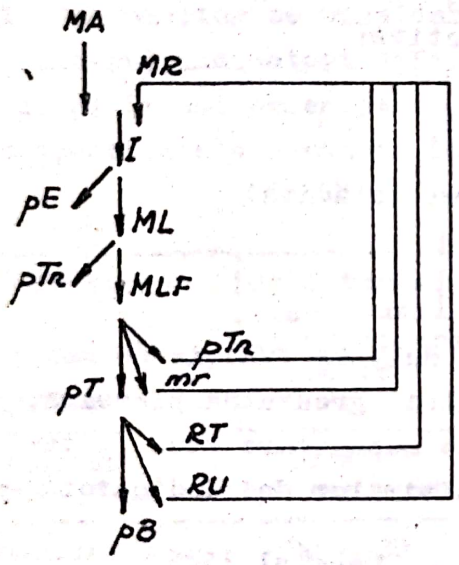


Fig.13.9. Circulaţia materialului într-o turnătorie

Din diagramă, între diferitele elemente rezultă următoarele corelaţii:

$I = MA + MR$ $\quad MR = mr + R + pTr$
$ML = I - pE$ $\quad pT = pTn + pTr$
$pn = pE + pTn$ $\quad PT = PB + R$
$MLF = pT + mr + pTr$ $\quad R = RT + RU$

Principalii indicatori de circulaţie a materialelor sînt:

- indicatorul de utilizare a încărcăturii:

$$U_1 = \frac{PB}{I} \cdot 100\ \%$$

care variază în funcţie de materialul de turnat între 45-80 %, avînd valori mai mici la oţel (45 - 60 %) şi mai mari la fontă şi aliajele cuprului (60-80%); pentru aliaje de aluminiu indicatorul fiind între 50 - 70 %.

- indicatorul de rebut total:

$$U_R = \frac{R}{PT} \cdot 100\ \%$$

Acest indicator este sub 10 % pentru oţel şi fontă; sub 5 % pentru bronz şi sub 8 % pentru aliaje de aluminiu;

- indicatorul de utilizare a metalului:

$$U_{ML} = \frac{ML}{I} \cdot 100\ \%$$

Valoarea acestui indicator este de cca 1,15 pentru oţel turnat, 1,10 pentru fontă cenuşie şi aliaje de aluminiu şi de circa 1,05 pentru bronz.

13.4.2. Indicatori de productivitate

In această categorie intră indicatorii referitor la productivitatea suprafeţelor atelierelor, a utilajelor şi de productivitate a muncii.

a - indicatori de productivitate a suprafeţelor atelierelor

Exprimă cantitatea de piese produse în tone, în unitatea de timp (an) şi unitatea de suprafaţă (m^2). Astfel,

- productivitatea suprafeţei de formare va fi dată de relaţia:

$$P_f = \frac{PB}{S_f \cdot an} \left[\frac{t}{m^2 \cdot an}\right]$$

- productivitatea suprafeţei productive:

$$p = \frac{PB}{S_p \cdot an} \left[\frac{t}{m^2 \cdot an}\right]$$

- productivitatea suprafeţei totale: (clădită)

$$p_t = \frac{PB}{S_t \cdot an} \left[\frac{t}{m^2 \cdot an}\right]$$

Aceşti indicatori variază foarte mult în funcţie de mai mulţi factori, cum sînt: natura aliajului, greutatea pieselor, mărimea seriei de fabricaţie, gradul de mecanizare etc. In tabelul 13.6 se dau informativ valorile ultimilor doi indicatori de productivitate.

Tabelul 13.6

Indicator	Piese oţel pt.tractoare; serie mare	Piese oţel pt.constr. maşini; serie mică	Piese fontă auto; serie mare	Piese fontă pt. constr. maşini; serie mică.
$\left[\frac{t}{m^2 \cdot an}\right]$ raportate la suprafaţa productivă,	1,5-1,8	1,2-1,4	1,8-2,4	1,4-1,6
$\left[\frac{t}{m^2 \cdot an}\right]$ raportate la suprafaţa clădită	1,2-1,4	o,8-o,9	1,2-1,6	1,o-1,2

b - Indicatori de productivitate ai utilajelor

Exprimă capacitatea de lucru a maşinilor în unitatea de timp. Pentru elucidare, se dau mai jos următoarele exemplificări:

- pentru cuptoarele de elaborare, productivitatea este definită de cantitatea de metal lichid, ML, elaborată în tone, raportată la m^2 de suprafaţă şi zi;

- pentru maşinile de format, productivitatea se exprimă prin numărul de forme ce se execută într-o oră;

- pentru instalaţia de preparat amestec de formare, productivitatea se exprimă prin cantitatea de amestec în m^3/oră.

c - Indicatorii de productivitate a muncii

Se exprimă prin cantitatea în tone de piese bune turnate (PB), produse de un muncitor, în unitatea de timp, de obicei anul. Ca muncitor se consideră cei productivi sau salariaţii.

Aceşti indicatori diferă în funcţie de natura şi mărimea piesei şi în mod orientativ, în tabelul 13.7, se dau indicaţii de productivitate a muncii în diverse secţii de fabricaţie.

Tabelul 13.7

Producţia / Indicator	Oţel turnat. Piese auto şi tractoare, serie	Oţel turnat. Piese curente serie mică şi mijloc.	Fontă. Piese auto şi tractoare serie	Fontă. Piese curente serie mică şi mijlocie
t/muncitor prod. x an	30 - 40 şi mai mult	28 - 32	35-40 şi mai mult	35 - 45
t/salariat x an	20 - 30 şi mai mult	20 - 22	24-28 şi mai mult	25 - 30

13.4.3. Indicatori de consum

Aceşti indicatori arată consumul specific de materiale sau consumul specific de energie necesară, pentru realizarea unei tone de piese bune (PB) sau de metal lichid (ML).

Astfel, de exemplu, pentru elaborarea unei tone de fontă lichidă, este nevoie de 0,14 tone cocs. In acest scop, se va aproviziona 0,15 tone cocs, diferenţa de 0,01 tone cocs reprezentînd diferitele pierderi prin depozitare, manipulare, umiditate, pierderi etc.

Primul din aceşti indicatori (0,14 tone cocs), reprezintă indicatorul de consum specific tehnologic necesar iar cel de al doilea (0,15 tone cocs) reprezintă indicatorul de consum speci-

cific de aprovizionat.

Indicatorii de consum specific, pe de altă parte, sînt funcţie de aliajul de turnat, profilul pieselor, mijloacele existente, tehnicitatea întreprinderii.

Principalii indicatori de consum sînt următorii:

- consumul de metal pentru încărcătura de aprovizionat:

$$\left[\frac{t(material)}{t(piese\ bune)}\right]$$

- consumul de material refractar de aprovizionat:

$$\left[\frac{t(material}{t(piese\ bune)}\right]$$

- consumul de cocs pentru cubilou:

$$\left[\frac{t(cocs)}{t(piese\ bune)}\right]$$

- consumul tehnologic total de energie electrică:

$$\left[\frac{kWh}{t(piese\ bune)}\right]$$

- consumul tehnologic de energie electrică pentru elaborare:

$$\left[\frac{kWh}{t(metal\ lichid)}\right]$$

13.4.4. Indicator de eficienţă economică

Aceşti indicatori se referă la cheltuieli de fabricaţie C lei/an sau valoarea producţiei Q lei sau a mijloacelor de bază B lei , dintre care mai importanţi sînt:

- investiţia specifică: $\frac{B}{PB}$ [lei/t]
- productivitatea mijloacelor de bază: $\frac{PB}{B}$ [t/lei]
- preţul de cost: $\frac{C}{PB.an}$ [lei/t]
- productivitatea valorică a muncii: $\frac{Q}{L}$ [lei/salariat]

- BIBLIOGRAFIE -

1. Albiţă Gh., Rădulescu Gh. - Bazele proceselor de turnare a metalelor şi aliajelor. Ed.tehnică,Bucureşti,1972.
2. Alistar R., Sterian C. - Cubiloul, Ed.tehnică,Buc., 1968.
3. Albert de Sy., Julien Vidts - "Métallurgie structurale", Dunod Paris, 1968.
4. Briscan D. - Bazele teoretice ale turnării, Ed.didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1966.
5. Becvar J. - Cuptoare cu arc electric cu o capacitate de 50 pînă la 300 tone. Hudnic, 16, nr.12, 1966.
6. Belei Gh. - Instalaţii, amestecuri şi procedee noi de formare, Inst.Central de documentare tehnică, Bucureşti, 1966.
7. Briscan D. - Tehnologia producţiei de fontă, EDP Bucureşti, 1962.
8. Buzilă S. - Tehnica formă, Ed.did.şi ped.,Bucureşti, 1967.
9. Cuşută St. ş.a. - Tehnologia materialelor şi maşini-unelte, Ed.did.şi ped., Bucureşti, 1965.
10. Calea Gh. ş.a. - Tehnologie mecanică, Ed.did.şi ped., Bucureşti, 1978.
11. Constantinescu A. ş.a. - Indreptar de fonte şi oţeluri, Ed. tehnică, Bucureşti, 1969.
12. Cosneanu C. ş.a. - Elaborarea aliajelor de turnătorie în cuptoare electrice prin inducţie. Ed.tehnică, Bucureşti, 1974.
13. Crişan S. ş.a. - Tehnologie mecanică, Ed.did.şi ped., Bucureşti, 1960.
14. Domşa A. ş.a. - Tehnologie mecanică, vol.I, Ed.did.şi ped., Bucureşti, 1960.
15. Dragu D., - Tehnologia materialelor şi a produselor în construcţia de maşini, I şi II, Bucureşti, Ed.tehnică, 1975.
16. Dubinin N.P. ş.a. - Tehnologia metalelor, Ed.tehnică, Bucureşti, 1959.
17. Guliaev B.B. ş.a. - Procedee speciale de turnare (trad.din l.rusă), Ed.tehnică, Bucureşti, 1972.
18. Buliaev A.P. - Metalurgie fizică, Ed.tehnică, Buc., 1954.
19. Guran M. ş.a. - Noutăţi în pregătirea minereului de fier pentru furnal, Ed.tehnică, Bucureşti, 1965.

Scanned with OKEN Scanner

20. Jakab E. - Curs de tehnologia materialelor, Min.Invăţămîntului, I.P. Braşov, 1960.
21. Malţev N.V. - Modificarea structurii metalelor şi aliajelor, Ed.tehnică, Bucureşti, 1966.
22. Manea Gh. - Organe de maşini, vol.I, Ed.tehnică, Buc.,1970.
23. Manolache M., - Tehnologia materialelor, Litografia Ministerului Invăţămîntului, Galaţi, 1962.
24. Marcu M., - Tehnologia materialelor, Ed.did.şi ped.,Bucureşti, 1967.
25. Nanu A. - Tehnologia materialelor, Ed.did.şi ped.,Bucureşti, 1977.
26. Nanu A., - Tehnologia materialelor, Litografia Invăţămîntului Timişoara, vol.II, 1956, III-1957.
27. Negrescu Tr. ş.a. - Tehnologia metalelor, Ed.did şi ped. Bucureşti, 1961.
28. Pálfalvi A. - Curs de tehnologia materialelor, Litografia Min.Ed.şi Inv., Cluj, 1970.
29. Roşianu Gh. ş.a. - Noutăţi în tehnologia mecanică, Ed.militară, Bucureşti, 1974.
30. Rău Al. - Elaborarea oţelurilor, Ed.did.,Bucureşti, 1963.
31. Rău Al. - Elaborarea oţelurilor de scule, Ed.tehnică, Bucureşti, 1964.
32. Rău Al., Tripşa I. - Metalurgia oţelului, Ed.did.şi ped., Bucureşti, 1973.
33. Rău Al. - Incluziuni nemetalice în oţeluri, Ed.tehnică, Bucureşti, 1973.
34. Sofronie L. - Elaborarea şi turnarea aliajelor, Ed.did.şi ped., Bucureşti, 1975.
35. Stoian Leonard ş.a. - Tehnologia materialelor , ed.did.şi ped., Bucureşti, 1980.
36. Sofronie L. ş.a. - Fonte speciale, Ed.tehnică, Buc., 1974.
37. Sofronie L. şi Stefănescu D.N. - Fonte modificate cu proprietăţi superioare, Ed.tehnică,Bucureşti,1971.
38. Stefănescu C., - Materiale şi amestecuri de formare pentru turnătorii, Ed.tehnică, Bucureşti, 1971.
39. Vacu S. - Tehnologie generală, Ed.did.şi ped.,Buc.,1968.
40. Zubac, V., Dumitrescu Gh. - Utilaje şi linii automate în turnătorii, Ed.tehnică, Bucureşti, 1975.
41. Tripşa I. ş.a. - Teoria proceselor metalurgice, Ed.did.şi ped. Bucureşti, 1972.

Scanned with OKEN Scanner

C U P R I N S

INTRODUCERE..... 2

PARTEA I - NOTIUNI INTRODUCTIVE. PROPRIETATILE SI INCERCARILE MATERIALELOR METALICE..... 3

CAPIT. I - OBIECTUL CURSULUI - DEFINITIE..... 3

CAPIT. 2 - NOTIUNI LEGATE DE PROCESUL DE PRODUCTIE..... 7

CAPIT. 3 - PROPRIETATILE MATERIALELOR METALICE..... 11

3.1. Proprietăţi fizice..... 12

3.2. Proprietăţi chimice..... 14

3.3. Proprietăţi mecanice..... 14

3.4. Proprietăţi tehnologice..... 18

CAPIT. 4 - INCERCARILE MATERIALELOR METALICE..... 20

4.1. Incercările mecanice..... 21

4.1.1. Incercările mecanice statice..... 21

4.1.1.1. Inercarea la tracţiuni.. 21

4.1.1.2. Incercarea la compresiune 26

4.1.1.3. Incercarea la încovoiere 27

4.1.1.4. Incercarea la răsucire.. 28

4.1.1.5. Incercarea la flambaj... 30

4.1.1.6. Incercarea la forfecare. 30

4.1.1.7. Incercarea la fluaj..... 30

4.1.1.8. Incercări de duritate statică..... 32

4.1.2. Incercările dinamice..... 35

4.1.211. Incercarea de rezilienţă 36

4.1.2.2. Incercarea la oboseală.. 38

4.1.2.3. Incercări la uzare..... 40

4.1.2.4. Incercări dinamice de duritate..... 41

4.2. Incercările tehnologice..... 42

4.2.1. Incercări de îndoire..... 42

4.2.2. Incercarea de ambutisare..... 43

4.2.3. Incercarea la refulare..... 44

4.2.4. Incercarea la răsucire..... 45

Scanned with OKEN Scanner

4.2.5. Incercarea la înfăşurare a sîrmelor..... 45
4.2.6. Incercarea ţevilor..... 45
4.2.7. Alte încercări tehnologice..... 45
4.2.8. Incercarea prin scîntei..... 46
4.3. Incercările structurale şi de control. 47
4.3.1. Determinarea micro şi macrostructurii..... 47
4.3.2. Metode nedistructive de control 49
4.4. Metode de determinare a proprietăţilor fizice..... 52
4.5. Metode de determinare a compoziţiei chimice..... 53
PARTEA II - ELABORAREA MATERIALELOR METALICE..... 55
CAPIT. 5 - GENERALITATI PRIVIND METALURGIA EXTRACTIVA. 55
5.1. Materiale metalice întrebuinţate în construcţia de maşini..... 56
5.2. Minereurile şi prepararea lor..... 58
5.2.1. Prepararea mecanică a minereurilor..... 58
5.3. Operaţiile metalurgiei extractive..... 62
5.3.1. Operaţii pregătitoare..... 62
5.3.2. Operaţii extractive..... 63
5.3.3. Operaţii de afinare..... 64
CAPIT. 6. - METALURGIA ALIAJELOR FEROASE..... 65
6.1. Metalurgia fontei..... 67
6.1.1. Materii prime pentru elaborarea fontei..... 67
6.1.1.1. Minereurile de fier... 68
6.1.1.2. Minereuri de mangan... 70
6.1.1.3. Adaosuri bogate în fier 70
6.1.2. Combustibilii..... 70
6.1.3. F o n d a n ţ i i..... 73
6.1.4. Produse refractare..... 74
6.1.5. Prepararea minereurilor de fier 76
6.1.6. Furnalul. Construcţie şi funcţionare..... 80

6.1.7. Procesele metalurgice în furnale. 87
6.1.8. Produsele furnalului şi utilizarea lor..... 89
6.1.8.1. Formarea fontei şi a zgurii în furnal..... 89
6.1.8.2. Formarea gazului de furnal..... 92
6.1.8.3. Praful de furnal..... 94
6.1.8.4. Fonta brută cu instalaţii de evacuare-turnare. 94
6.1.8.5. Clasificarea fontelor brute..... 96
6.1.9. Alte procedee de elaborare a fontei..... 97
6.1.10 Indici tehnico-economici de funcţionare a furnalului..... 99
6.2. Metalurgia oţelului..... 100
6.2.1. Elaborarea oţelului în convertizoare..... 101
6.2.2. Elaborarea oţelului în convertizoare cu oxigen..... 106
6.2.3. Elaborarea oţelului în cuptoare cu flacără..... 110
6.2.4. Caracterizarea oţelului Martin... 116
6.2.5. Elaborarea oţelului în cuptoarele electrice..... 117
6.2.6. Procedeul elaborării oţelului de creuzet..... 124
6.2.7. Procedee combinate de elaborare a oţelului..... 125
6.2.8. Procedee directe de elaborare a oţelului..... 126
6.2.9. Comparaţia tehnico-economică a oţelurilor elaborate prin diverse procedee..... 128
6.2.10 Turnarea oţelului în lingotiere.. 129
6.2.11 Metode de tratare a oţelului pentru îmbunătăţirea calităţii..... 139
6.2.12 Criterii de clasificare a oţelurilor..... 142
CAPIT. 7 - METALURGIA METALELOR NEFEROASE..... 143
7.1. Metalurgia cuprului..... 144
7.1.1. Minereuri de cupru şi prepararea lor..... 144

7.1.2. Elaborarea cuprului..... 145
7.1.3. Proprietăţile şi întrebuinţările cuprului..... 149
7.2. Metalurgia aluminiului..... 151
7.3. Metalurgia magneziului..... 156
7.4. Metalurgia zincului..... 158
7.5. Metalurgia staniului..... 160
7.6. Metalurgia plumbului..... 161
7.7. Metalurgia nichelului..... 163
7.8. Metalurgia cromului..... 164
7.9. Metalurgia cobaltului..... 165
7.10 Metalurgia manganului..... 166
7.11 Metalurgia wolframului..... 166
7.12 Metalurgia molibdenului..... 167
7.13 Metalurgia vanadiului..... 168
7.14 Metalurgia titanului..... 168
7.15.Metalurgia zirconiului..... 168

PARTEA III- PRELUCRAREA MATERIALELOR METALICE PRIN TURNARE 170

CAPIT. 8 - TURNAREA PIESELOR IN FORME TEMPORARE..... 176

8.1. Confecţionarea modelelor şi a cutiilor de miez..... 177
8.2. Materiale pentru forme şi miezuri, prepararea amestecurilor şi utilajele folosite 182
8.3. Confecţionarea formelor temporare..... 192
8.3.1. Formarea manuală..... 192
8.3.2. Formarea mecanizată..... 201
8.3.2.1. Metode noi pentru îmbunătăţirea gradului de îndesare la formarea mecanică..... 206
8.3.2.2. Consideraţii generale asupra executării mecanice a formelor..... 207
8.4. Confecţionarea formelor semipermanente.. 208
8.5. Executarea miezurilor..... 208
8.5.1. Executarea manuală a miezurilor.. 209
8.5.2. Executarea mecanică a miezurilor. 210
8.6. Uscarea formelor şi a miezurilor..... 212

Scanned with OKEN Scanner

CAPIT. 9 - ELABORAREA, TURNAREA SI PROPRIETATILE METALELOR SI ALIAJELOR UTILIZATE LA TURNAREA PIESELOR..... 214

9.1. Turnarea metalului în forme..... 216
9.2. Calculul reţelelor de turnare..... 218
9.3. Oale de turnare..... 223
9.4. Fontele de turnătorie..... 224
9.4.1. Elaborarea fontelor de turnătorie 227
9.4.1.1. Topirea fontei în cubilou 227
9.4.1.2. Cuptoare cu flacără pentru retopirea fontei.... 231
9.4.1.3. Elaborarea şi turnarea fontelor modificate..... 234
9.4.1.4. Elaborarea şi turnarea fontei maleabils, caracteristici tehnologice... 235
9.5. Turnarea pieselor din oţel..... 236
9.5.1. Oţeluri turnate în piese..... 237
9.6. Elaborarea şi turnarea pieselor din aliaje neferoase..... 243
9.6.1. Elaborarea şi turnarea aliajelor de cupru..... 243
9.6.2. Elaborarea şi turnarea aliajelor de aluminiu..... 244
9.6.3. Elaborarea şi turnarea aliajelor de magneziu..... 246
9.6.4. Turnarea aliajelor pentru lagăre. 247

CAPIT. 10 - DEZBATEREA, CURATIREA SI TRATAMENTUL TERMIC AL PIESELOR TURNATE..... 247

10.1 Dezbaterea pieselor turnate..... 247
10.2 Curăţirea pieselor turnate..... 251
10.3 Tratamentul termic al pieselor forjate.. 255

CAPIT. 11 - METODE SPECIALE DE FORMARE SI TURNARE..... 257

11.1 Metode de turnare în forme permanente... 257
11.1.1. Turnarea statică în forme permanente (cochile)..... 259
11.1.2. Turnarea sub presiune..... 264
11.1.3. Turnarea centrifugală..... 270
11.1.4. Turnarea continuă..... 276
11.1.5. Turnarea prin aspiraţie sub vid.. 278

Scanned with OKEN Scanner

11.2. Metode speciale de formare şi turnare în forme temporare..... 279

11.2.1. Turnarea în forme-coji cu liant de bachelită..... 280

11.2.2. Turnarea de precizie cu modele uşor fuzibile..... 286

11.2.3. Turnarea în forme întărite cu bioxid de carbon..... 291

11.2.4. Turnarea în forme executate cu modele din polistiren..... 294

11.3. Alte metode speciale de turnare..... 295

11.3.1. Turnarea în vid..... 295

11.3.2. Turnarea într-un cîmp magnetic rotitor..... 296

CAPIT. 12 - DEFECTELE PIESELOR TURNATE SI REMANIEREA LOR. CONTROLUL SI RECEPTIA PIESELOR TURNATE 297

12.1. Defectele pieselor turnate..... 297

12.2. Remanierea defectelor pieselor turnate 300

12.3. Controlul şi recepţia pieselor turnate 302

CAPIT. 13 - CONSIDERATIUNI TEHNICO-ECONOMICE IN TURNATORII..... 303

13.1. Elementele de construcţie a pieselor turnate şi proiectarea formelor..... 303

13.2. Elemente de organizare şi mecanizare în turnătorii..... 311

13.3. Securitatea muncii în turnătorie..... 313

13.4. Indici tehnico-economici..... 314

13.4.1. Indicatori de circulaţie şi utilizare a metalului..... 314

13.4.2. Indicatori de productivitate. 316

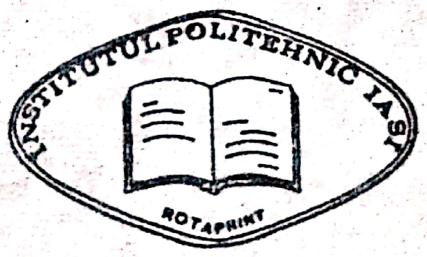
13.4.3. Indicatori de consum..... 317

13.4.4. Indicatori de eficienţă economică..... 318

B I B L I O G R A T I E..... 319

C U P R I N S..... 321

Bun de tipar (reeditare)Comanda 661
Tirajul 2oo exemplare



Institutul politehnic Iași
B-dul Karl Marx nr.38

Scanned with OKEN Scanner